

Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности
 Отделение электронной инженерии
 Направление 15.03.01 Машиностроение

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Разработка технологии сборки и сварки рамы полувагона
УДК 621.791.01:629.463.65.23.11-049.1

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-1В61	Трифонов Константин Александрович		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭИ ИШНКБ	Киселев Алексей Сергеевич	к.т.н., доцент		

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Трубченко Татьяна Григорьевна	к.э.н., доцент		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ООД ШБИП	Аверкиев Алексей Анатолевич			

Нормоконтроль

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭИ ИШНКБ	Арышева Галина Владиславовна	к.т.н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭИ ИШНКБ	Першина Анна Александровна	к.т.н.		

Планируемые результаты освоения ООП	
Код компетенции	Наименование компетенции
Универсальные компетенции	
УК(У)-1	Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач
УК(У)-2	Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений
УК(У)-3	Способен осуществлять социальное взаимодействие и реализовывать свою роль в команде
УК(У)-4	Способен осуществлять деловую коммуникацию в устной и письменной формах на государственном языке Российской Федерации и иностранном(-ых) языке(-ах)
УК(У)-5	Способен воспринимать межкультурное разнообразие общества в социально-историческом, этическом и философском контекстах
УК(У)-6	Способен управлять своим временем, выстраивать и реализовывать траекторию саморазвития на основе принципов образования в течение всей жизни
УК(У)-7	Способен поддерживать должный уровень физической подготовленности для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности
УК(У)-8	Способен создавать и поддерживать безопасные условия жизнедеятельности, в том числе при возникновении чрезвычайных ситуаций
УК(У)-9	Способен проявлять предприимчивость в профессиональной деятельности, в т.ч. в рамках разработки коммерчески перспективного продукта на основе научно-технической идеи
Общепрофессиональные компетенции	
ОПК(У)-1	умеет использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования
ОПК(У)-2	осознает сущности и значения информации в развитии современного общества
ОПК(У)-3	владеет основными методами, способами и средствами получения,

	хранения, переработки информации
ОПК(У)-4	способен решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности
Профессиональные компетенции	
ПК(У)-1	способен обеспечивать технологичность изделий и процессов их изготовления; умением контролировать соблюдение технологической дисциплины при изготовлении изделий
ПК(У)-2	способен разрабатывать технологическую и производственную документацию с использованием современных инструментальных средств
ПК(У)-3	способен обеспечивать техническое оснащение рабочих мест с размещением технологического оборудования; умением осваивать вводимое оборудование
ПК(У)-4	способен участвовать в работах по доводке и освоению технологических процессов в ходе подготовки производства новой продукции, проверять качество монтажа и наладки при испытаниях и сдаче в эксплуатацию новых образцов изделий, узлов и деталей выпускаемой продукции
ПК(У)-5	умеет проверять техническое состояние и остаточный ресурс технологического оборудования, организовывать профилактический осмотр и текущий ремонт оборудования
ПК(У)-6	умеет проводить мероприятия по профилактике производственного травматизма и профессиональных заболеваний, контролировать соблюдение экологической безопасности проводимых работ
ПК(У)-7	умеет выбирать основные и вспомогательные материалы и способы реализации основных технологических процессов и применять прогрессивные методы эксплуатации технологического оборудования при изготовлении изделий машиностроения
ПК(У)-8	умеет применять методы стандартных испытаний по определению физико-механических свойств и технологических показателей используемых материалов и готовых изделий
ПК(У)-9	способен к метрологическому обеспечению технологических процессов, к использованию типовых методов контроля качества выпускаемой продукции
ПК(У)-16	способен к систематическому изучению научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по соответствующему

	профилю подготовки
ПК(У)-17	умеет обеспечивать моделирование технических объектов и технологических процессов с использованием стандартных пакетов и средств автоматизированного проектирования, проводить эксперименты по заданным методикам с обработкой и анализом результатов
ПК(У)-18	способен принимать участие в работах по составлению научных отчетов по выполненному заданию и во внедрении результатов исследований и разработок в области машиностроения
ПК(У)-19	способен участвовать в работе над инновационными проектами, используя базовые методы исследовательской деятельности
Профессиональные компетенции университета	
ДПК(У)-1	Способен контролировать соответствие основных и свариваемых материалов, сварочного и вспомогательного оборудования, оснастки и инструмента, технологической документации, соблюдения технологической дисциплины и правильной эксплуатации технологического оборудования
ДПК(У)-2	Способен составлять планы размещения оборудования, технического оснащения и организации рабочих мест, производить расчет производственной мощности и загрузки оборудования
ДПК(У)-3	Способен изучать и анализировать причины возникновения брака и выпуска продукции низкого качества, участие в разработке мероприятий по их предупреждению и устранению

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности
Отделение электронной инженерии
Направление 15.03.01 Машиностроение

УТВЕРЖДАЮ:
Руководитель ООП

(Подпись) _____ (Дата) Першина А.А.
(Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы
(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
3-1В61	Трифонову Константину Александровичу

Тема работы:

Разработка технологии сборки и сварки рамы полувагона	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	24.03.2021 №83-26/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	03.06.2021 г.
--	---------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе</p> <p><i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<p>Чертеж сварной конструкции; материал сварной конструкции; существующий способ сварки; сварочные материалы; перечень нормативной документации.</p>
---	--

<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</p> <p><i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<p>Введение</p> <p>1 Обоснование выбора способа сварки</p> <p>2 Оценка технологической свариваемости материала</p> <p>3 Обоснование выбора сварочных материалов</p> <p>4 Расчет параметров режима сварки</p> <p>5 Обоснование выбора сварочного оборудования</p> <p>6 Финансовый менеджмент, ресурсо-эффективность и ресурсосбережение</p> <p>7 Социальная ответственность</p> <p>Заключение</p>
<p>Перечень графического материала</p>	<p>1 Титульный лист</p> <p>2 Название темы, цель, задачи</p> <p>3 Эскиз изделия</p> <p>4 Материалы и оборудование</p> <p>5 Режимы сварки и формы разделок кромок</p> <p>6 Технология сборки и сварки рамы</p> <p>7 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность;</p> <p>8 Социальная ответственность</p> <p>9 Вывод</p>
<p>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</p>	
<p>Раздел</p>	<p>Консультант</p>
<p>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</p>	<p>Трубченко Татьяна Григорьевна</p>
<p>Социальная ответственность</p>	<p>Аверкиев Алексей Анатольевич</p>
<p>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</p>	
<p>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</p>	<p>01 апреля 2021 г.</p>

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭИ ИШНКБ	Киселев Алексей Сергеевич	к.т.н., доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-1В61	Трифонов Константин Александрович		

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности
Направление подготовки 15.03.01 Машиностроение
Отделение электронной инженерии
Период выполнения весенний семестр 2020 /2021 учебного года

Форма представления работы:

Бакалаврской работы

(бакалаврская работа, дипломный проект/работа, магистерская диссертация)

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	03.06.2021 г.
--	---------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
22.04.2021 г.	Введение	5
29.04.2021 г.	Обоснование выбора способа сварки	15
07.05.2021 г.	Оценка технологической свариваемости материала	15
10.05.2021 г.	Обоснование выбора сварочных материалов	15
20.05.2021 г.	Расчет параметров режима сварки	25
24.05.2021 г.	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	10
29.05.2021 г.	Социальная ответственность	10
30.05.2021 г.	Заключение	5

СОСТАВИЛ:

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭИ ИШНКБ	Киселев Алексей Сергеевич	к.т.н., доцент		

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭИ ИШНКБ	Першина Анна Александровна	к.т.н.		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

Группа	ФИО
3-1В61	Трифонов К.А.

Институт	ИШНКБ	Отделение	ОТСП
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	15.03.01 Машиностроение

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. Стоимость ресурсов исследования: материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Стоимость выполняемых работ, материальных ресурсов, согласно применяемой техники и технологии, в соответствии с рыночными ценами
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	Нормы расхода материалов, нормы времени на выполнение операций, нормы расхода материалов, инструмента и др.
1. Используемая система налогообложения, ставки налогов.	Отчисления во внебюджетные фонды (30%)

Перечень вопросов, подлежащих разработке:

Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения исследования с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	Анализ конкурентных технических решений; SWOT-анализ
Планирование и формирование бюджета проекта	Планирование работ; Разработка графика Ганта. Формирование бюджета затрат на проектирование
Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	Описание потенциального эффекта

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)

1. Оценка конкурентоспособности технических решений
2. Матрица SWOT
3. Календарный план-график проектирования проекта
4. Бюджет затрат ТП

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
--	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Трубченко Т.Г.	к.э.н., доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-1В61	Трифонов К.А.		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
3-1В61	Трифонов К.А.

Школа	ИШНКБ	Отделение школы (НОЦ)	ОТСП
Уровень образования	Бакалавриат	Направление	15.03.01 Машиностроение

Тема ВКР:

Разработка технологии сборки и сварки рамы полувагона

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Характеристика объекта исследования.	<p>Объект исследования – рама полувагона.</p> <p>Рабочая зона - рабочее место сварщика расположено в закрытом цеху, в месте сборки рамы. Технологический процесс включает в себя следующие виды работ: сварочные работы, настройка сварочного оборудования, слесарные операции по монтажу рамы полувагона.</p> <p>Области применения – транспортная промышленность.</p>
---	---

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.	<p>ГОСТ 12.2.033-78 ГОСТ 12.0.003-2015 ССБТ ГОСТ 12.1.003-2014 СНиП 23-05-95 СанПиН 2.2.4.3359-16 СанПиН 2.2.4.548-96 СН 2.2.4/ 2.1.8.562-96 СН 2.2.4/2.1.8.566-96 ГОСТ 17.1.3.06-82 ГОСТ 17.1.3.13-86 ГОСТ Р ИСО 14040-2010 СанПиН 2.1.6.1032-01 СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03 ГН 2.2.5.3532-18 ГОСТ Р 22.0.01-2016 ГОСТ Р 22.0.07-95 ГОСТ Р 22.3.03-94 ФЗ О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера</p>
2. Производственная безопасность	<p>Выявить вредные факторы на участке сборки и сварки рамы полувагона: недостаточная освещенность рабочей зоны, повышенный уровень шума на рабочем месте, неудовлетворительный климат, вредные вещества, психофизические факторы: повышенная нагрузка на органы чувств (зрение, слух), тяжелая физическая работа, монотонность труда, высокий уровень интенсивности деятельности.</p> <p>Выявить опасные факторы, относящиеся к оборудованию: электрический ток, статическое электричество, термические ожоги. Предлагаемые средства защиты: краги, спецодежда, маски.</p>

3. Экологическая безопасность	Рассмотреть вопросы утилизации микросхем вышедшего из строя оборудования.
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	Наиболее актуальная ЧС – возникновение пожара; Рассмотреть профилактические мероприятия, требования к безопасности и меры по ликвидации ее последствий.

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	02.03.2021
---	------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ООД ШБИП	Аверкиев А. А.			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-1В61	Трифонов К.А.		

Реферат

Выпускная квалификационная работа содержит 88 страниц, 13 рисунков, 31 таблиц, 29 литературных источника, 11 листов демонстрационного материала (слайды).

Ключевые слова: рама универсального полувагона, автоматическая сварка в среде защитного газа, механизированная сварка в среде защитного газа, хребтовая балка, шкворневая балка, концевая балка.

Объектом разработки является разработка механизированный и автоматический способ сварки рамы полувагона.

Целью данной ВКР является разработка технологии сборки и сварки рамы полувагона.

Поставленная задача решается тем, что производится выбор основного материала для рамы полувагона, дается описание способов сварки, разрабатывается 3D-модель рамы полувагона, производится выбор основного и вспомогательного оборудования, разрабатывается комплект технологической документации на сборку и сварку рамы, определяется экономическая эффективность проекта, разрабатываются меры безопасности при организации производства.

Выпускная квалификационная работа бакалавра выполнена в текстовом редакторе Microsoft Word 16.0 и графическом редакторе КОМПАС-3D V18.1.

Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки

Определения

Хребтовая балка служит для крепления на ней автосцепного и тормозного оборудования. Через автосцепное устройство она передает продольные силы на другие вагоны. Но поскольку она жестко связана и с другими элементами кузова, то наряду с продольными воспринимает также и вертикальные силы. Ее изготавливают из мощных Z-образных, швеллерных и двутавровых прокатных профилей.

Боковые продольные балки рамы предназначены для соединения боковых стен с рамой. Они работают совместно со стенами и воспринимают, хоть и в меньшей степени, чем хребтовая балка, но тоже все виды эксплуатационных нагрузок.

Основные несущие поперечные балки связывают хребтовую балку с боковыми стенами в единую конструкцию. У всех типов вагонов к ним относятся две концевые, две шкворневые и ряд промежуточных поперечных балок, число которых зависит от типа вагона и его осности. Поперечные балки в большинстве типов вагонов выполняют переменной высоты: максимальной – в местах соединения с хребтовой и минимальной – в местах соединения с продольными боковыми балками. Сделано это для обеспечения равнопрочности конструкции и рационального распределения металла в раме вагона.

При этом у всех типов вагонов формы сечений основных поперечных балок также однотипные: у концевых – П-образное (швеллерное), у шкворневых – замкнутое коробчатое, а у промежуточных – двутавровое.

Концевые балки предназначены для восприятия части нагрузок от перевозимых грузов, а также для установки и крепления угловых стоек стен. Концевые балки сварной конструкции изготавливают из листов толщиной 6-10 мм. На лобовом (вертикальном) листе концевой балки установлен поручень сцепщика, кронштейн для крепления стояночного тормоза и

кронштейн расцепного привода автосцепки. К нижним листам по концам концевых балок приварены планки для установки домкратов и ставлюг при ремонте вагонов.

Шкворневые балки передают через пятник и скользуны на тележки все возникающие в процессе движения статические и динамические усилия. Они представляют собой конструкцию коробчатого сечения переменной высоты подлине и образованы двумя вертикальными и нижним листами. В пересечении с хребтовой шкворневые балки усилены надпятниковой коробкой.

Обозначения и сокращения

σ_T – предел текучести;

σ_B – временное сопротивление разрыву;

δ_5 – относительное удлинение;

$d_э$ – диаметр электродного стержня;

j – допускаемая плотность тока;

α_n – коэффициент наплавки;

F_n – площадь поперечного сечения наплавленного металла за проход;

γ – плотность наплавленного металла за данный проход;

$q_{эф}$ – эффективная тепловая мощность сварочной дуги;

$I_{св}$ – ток сварочной дуги;

U_d – напряжение на дуге;

η_u – эффективный КПД нагрева изделия дугой;

$V_{св}$ – скорость перемещения сварочной дуги;

I_u – ток импульса;

I_n – базовый ток (паузы);

I_{cp} – средний ток;

t_u – продолжительность импульса;

t_n – продолжительность паузы;

T_u – продолжительность цикла модуляции сварочного тока;

Нормативные ссылки

В настоящей работе использованы ссылки на следующие стандарты:

- 1 ГОСТ 14771-76 Дуговая сварка в защитном газе. Соединения сварные. Основные типы, конструктивные элементы и размеры
- 2 ГОСТ Р 1.5-2012 Стандартизация в Российской Федерации. Стандарты национальные. Правила построения, изложения, оформления и обозначения
- 3 ГОСТ 7.32-2001 Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Отчет о научно-исследовательской работе. Структура и правила оформления
- 4 СТП ТПУ 2.5.01-2014 Система образовательных стандартов. Работы выпускные квалификационные, проекты и работы курсовые. Структура и правила оформления.
- 5 ГОСТ 7512-82 Контроль неразрушающий. Соединения сварные. Радиографический метод
- 6 ГОСТ 14782-86 Контроль неразрушающий. Соединения сварные. Метод ультразвуковой

Оглавление

1 Обзор литературы на сборку и сварку рамы полувагона	20
1.1 Описание сварной конструкции	20
2 Материал и методы исследования.....	28
2.1 Материал сварной конструкции	28
2.2 Оценка технологической свариваемости материала.....	29
2.3 Описание применяемого способа сварки.....	31
2.4 Выбор сварочных материалов для сварки	32
2.5 Расчёт параметров режимов сварки	34
2.6 Обоснование выбора основного сварочного оборудования.....	37
3 Технология сварки	40
3.1 Узловая сборка и сварка элементов рамы.....	40
3.2 Общая сборка рамы.....	43
3.3 Сварка рамы.....	44
3.4 Зачистка швов после сварки.....	46
3.5 Правка и контроль качества сварных швов после правки.....	47
3.6 Контроль, геометрических параметров сварного узла	47
4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	49
4.1 Анализ конкурентных технических решений	49
4.2 SWOT-анализ.....	50
4.3 Планирование управления проектом	55
4.3.1 План проекта	55
4.3.2 Определение трудоемкости выполнения работ.....	56
4.4 Бюджет научного исследования	65
4.4.1 Расчет материальных затрат НТИ	65
4.4.2 Расчет затрат на специальное оборудование для научных работ	66
4.4.3 Расчет фонда заработной платы.....	67
4.4.4 Расчет дополнительной заработной платы	69
4.4.5 Расчет отчислений во внебюджетные фонды	70
4.4.6 Расчет накладных расходов.....	70

4.4.7 Формирование бюджета затрат НТИ.....	71
5 Социальная ответственность.....	73
5.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	73
5.1.1 Специальные правовые нормы трудового законодательства.....	73
5.1.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны	73
5.2 Производственная безопасность.....	74
5.2.1. Анализ выявленных вредных факторов и мероприятия по их снижению	74
5.2.2 Анализ выявленных опасных факторов	80
5.3 Экологическая безопасность.....	82
5.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях	83
5.4.1 Причины возникновения чрезвычайных ситуаций на предприятии	83
5.4.2 Общие требования пожарной безопасности	83
5.4.3 Требования пожарной безопасности в аварийных ситуациях	85
Заключение	87
Список используемых источников	88
Приложение А Комплект технологической документации.....	90

Введение

Развитие технического уровня конструкций новых вагонов осуществляется в направлении повышения их прочности и надежности, соответствующем условиям современной эксплуатации. Предусматривается строительство полувагонов только в цельнометаллическом исполнении.

На основе проведения технической политики во всех отраслях народного хозяйства намечено ускорить техническое перевооружение производства, широко внедрять прогрессивную технику и технологию, обеспечивающие повышение производительности труда и качества вагоностроительной продукции. При изготовлении новых вагонов будут использованы наиболее экономичные материалы, сварные конструкции, принципы унификации и стандартизации сборочных единиц и деталей вагонов и их взаимозаменяемости [1, 2].

Для повышения качества строительства и обеспечения высокого уровня надежности вагонов большое значение имеют технологии вагоностроительного производства. Поэтому предусмотрены внедрение на вагоностроительных предприятиях прогрессивных технологических процессов изготовления деталей и сборочных единиц вагонов, повышение уровня требований к соблюдению технологической дисциплины.

Главное направление развития современного вагоностроительного производства состоит в его дальнейшей индустриализации, основой которой служит система машин, обеспечивающая комплексную механизацию и автоматизацию технологических процессов строительства вагонов и производства запасных частей [3].

Основной путь повышения уровня механизации и автоматизации вагоностроительного производства — применение методов и технических средств программного управления. На предприятиях начали использовать металлорежущие станки и сварочное оборудование с числовым программным управлением, создаются промышленные роботы для сварочных и сборочных процессов.

Намечаются перспективные направления дальнейшего развития технологии вагоностроения и ремонта вагонов: составление математического описания всех звеньев технологического процесса для получения их точных аналитических соотношений и взаимосвязи; использование цифровой вычислительной и аналоговой техники на всех этапах проектирования, изготовления, эксплуатации и ремонта вагонов, что позволит быстрее и эффективнее решать задачи рационального построения, внедрения и выполнения технологических процессов [3].

В связи с этим большое значение имеет типизация технологических процессов на основе унификации объектов производства и дальнейшего внедрения стандартизации в вагоностроении.

Целью данной ВКР является разработка технологии сборки и сварки рамы полувагона.

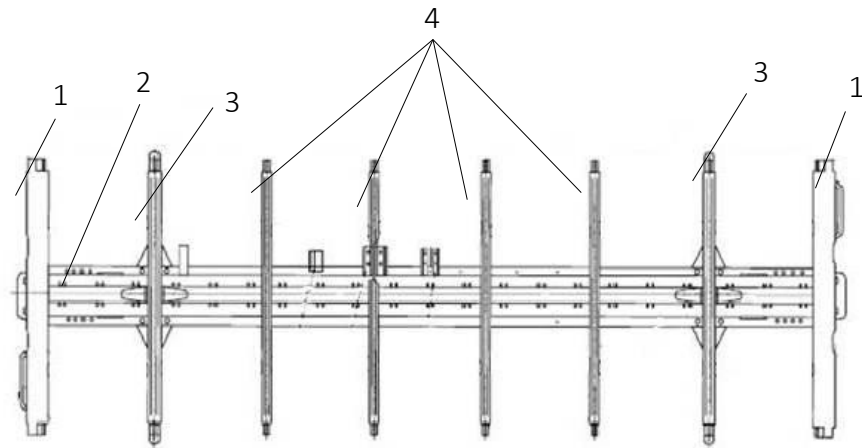
Поставленная задача решается следующим образом:

- производится выбор основного материала для рамы полувагона;
 - дается описание способов сварки;
 - разрабатывается 3D-модель рамы полувагона;
 - производится выбор основного и вспомогательного оборудования;
 - разрабатывается комплект технологической документации на сборку и сварку рамы.
- определяется экономическая эффективность проекта;
 - разрабатываются меры безопасности при организации производства.

1 Обзор литературы на сборку и сварку рамы полувагона

1.1 Описание сварной конструкции

Кузов полувагона не имеет крыши, что обеспечивает удобство использования разнообразных средств механизации при погрузке и выгрузке вагона. Он обладает универсальностью – широкой номенклатурой грузов. Основные элементы рамы полувагона представлены на рисунке 1.



1 – концевая балка; 2 – хребтовая балка;
3 – шкворневая балка; 4 - промежуточная балка.

Рисунок 1 – Рама полувагона [4]

Рама кузова полувагона состоит из хребтовой балки с закрепленными поперечными концевыми, промежуточными и шкворневыми балками. Хребтовая балка состоит из двух сваренных между собой продольным швом Z-образных профилей №31 (рисунок 2), перекрытых в месте соединения двутавром №19. На двутаврах укреплены кронштейны петель для шарнирного навешивания крышек разгрузочных люков. В консольной части хребтовой балки установлены передние и задние упоры автосцепки. Передний упор отлит как одно целое с ударной розеткой. В зоне размещения поглощающих аппаратов снизу к хребтовой балке крепятся поддерживающие планки, а в зоне задних упоров – усиливающие накладки. Для крепления тормозного цилиндра

на хребтовой балке установлены кронштейны.

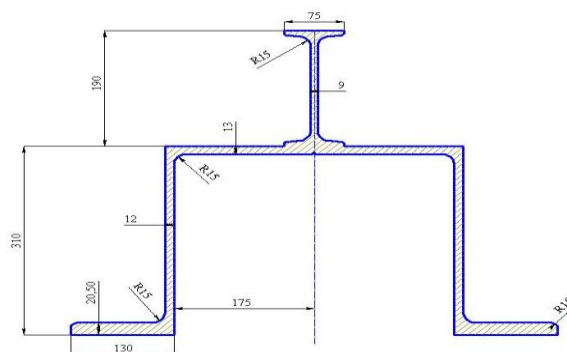


Рисунок 2 – Сечение хребтовой балки

Концевые балки не имеют посадочных мест под буферные стаканы. У них коробчатое сечение (рисунок 3), образуемое из вертикального лобового, нижнего горизонтального и второго вертикального листов. На лобовом листе сделана выштамповка для установки розетки переднего упора автосцепки.

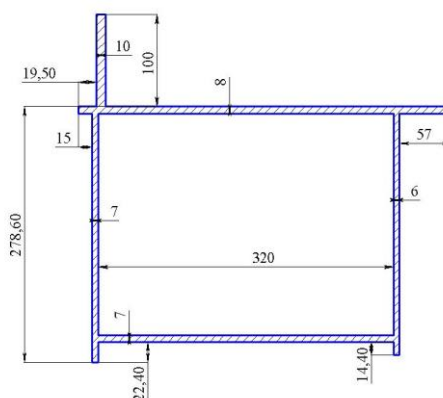


Рисунок 3 – Сечение концевой балки

Шкворневая балка замкнутого коробчатого сечения (рисунок 4). Она сварена из двух вертикальных листов толщиной 8 мм, верхнего с выпуклым гофром (10 мм) и нижнего гладкого (12 мм) листа. Место пересечения шкворневой и хребтовой балок усилено надпятниковой коробкой и накладками. В этой зоне к нижнему горизонтальному листу шкворневой балки приклепан пятник.

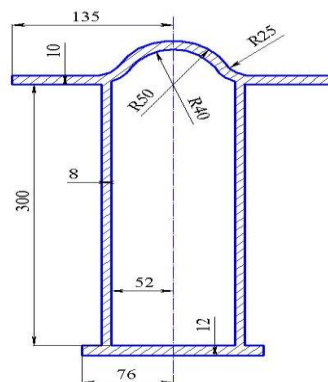


Рисунок 4 – Сечение шкворневой балки

Поперечные балки сварные двутаврового сечения (рисунок 5). Они состоят из вертикального листа толщиной 7 мм, верхнего гофрированного и нижнего гладкого. Гофры на верхних листах шкворневых и поперечных балок служат для возвышения точек контакта длинномерных грузов над крышками люков и предупреждения их деформации. Шкворневые и промежуточные поперечные балки выполнены переменной высоты по длине для обеспечения их равнопрочности. Ко всем поперечным балкам приварены кронштейны для опирания на них крышек люков в открытом положении.

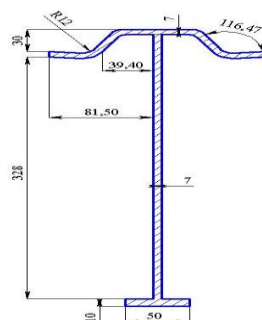


Рисунок 5 – Сечение промежуточной балки

3D модель рамы полувагона представлена на рисунке 6.

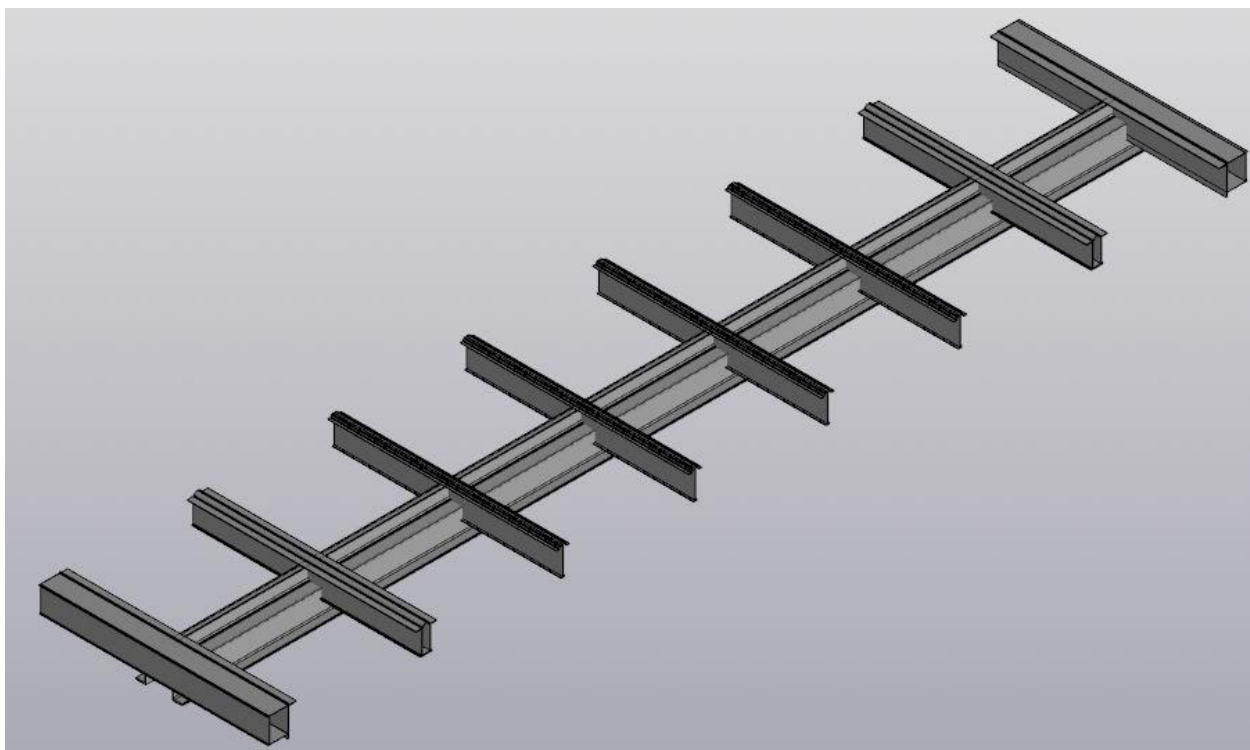
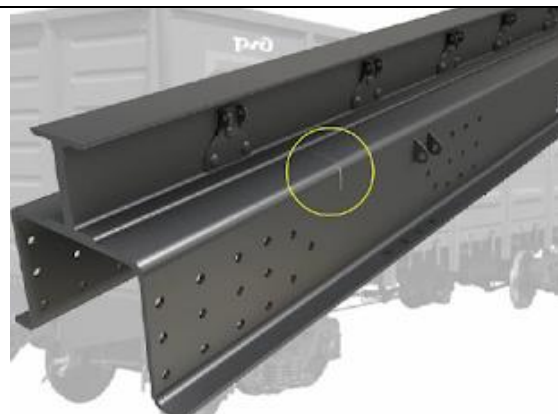


Рисунок 6 – Модель рамы полувагона



Основные причины выхода из строя рамы полувагона являются трещины, изломы и разрывы в различных ее частях(таблица 1) [5].

Таблица 1 – Основные неисправности рамы полувагона [5]

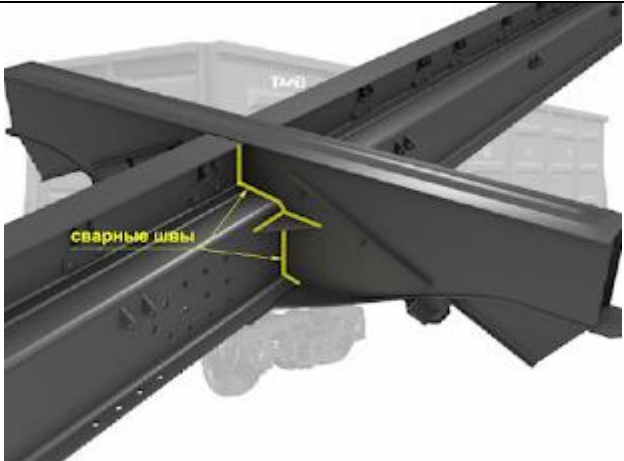
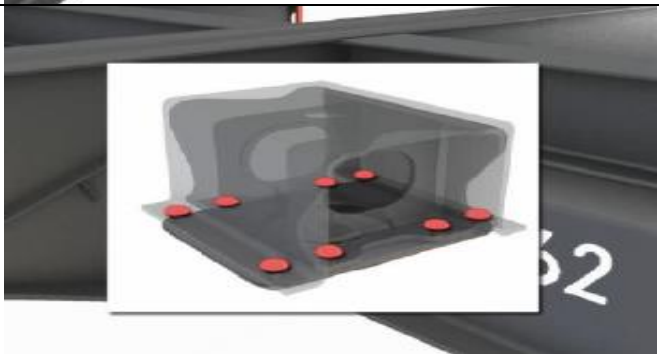
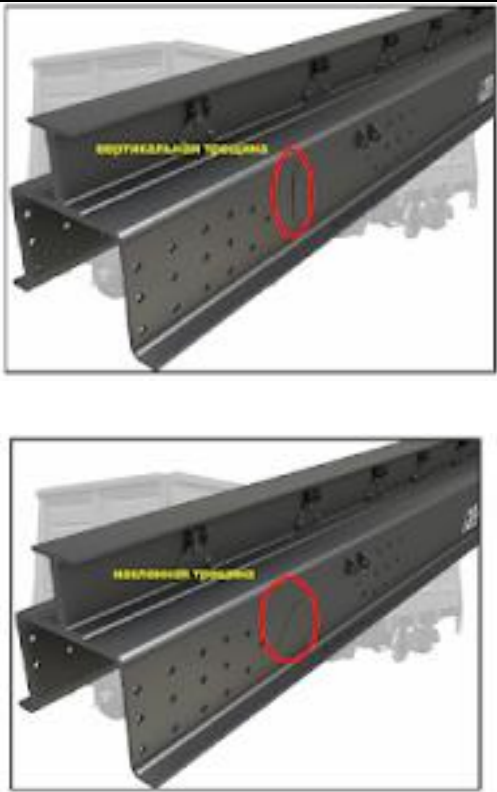
Переходящая с горизонтальной на вертикальную полку хребтовой, боковой, шкворневой или концевой балки.




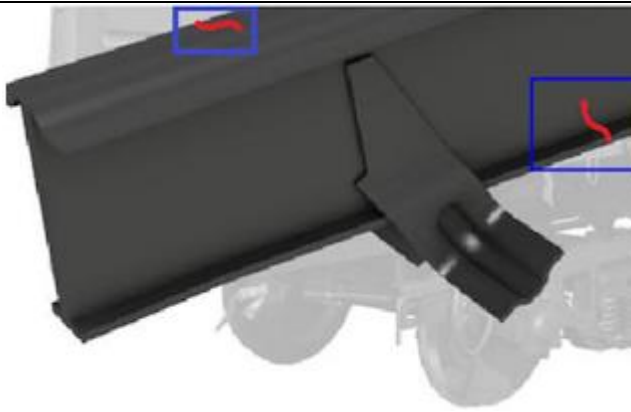

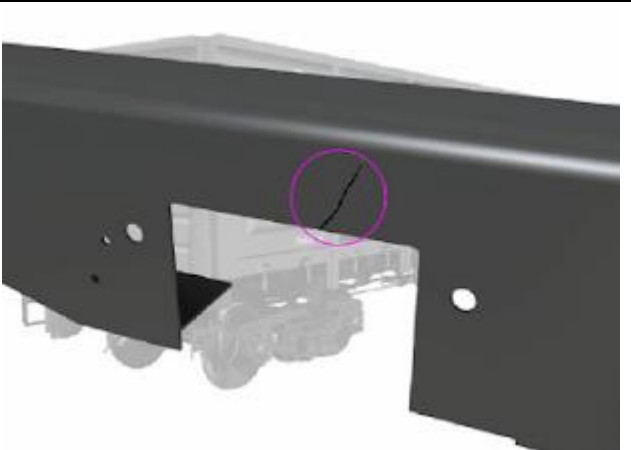
продолжение таблицы 1 – Основные неисправности рамы полувагона [5]

<p>Трещины в узлах сочленения хребтовой и шкворневой балок</p>	
<p>Продольные трещины в балках рамы длиной более 300 мм.</p>	
<p>Трещина в надпятниковой плите (фланце) пятника</p>	
<p>Вертикальные, продольные и наклонные трещины любой длины, если они проходят более чем через одно отверстие для болтов и заклепок</p>	

продолжение таблицы 1 – Основные неисправности рамы полувагона [5]

<p>Обрыв сварного шва крепления балок рамы</p>	
<p>Ослабление заклепочного или болтового крепления пятника к раме полувагона</p>	
<p>Вертикальные или наклонные трещины, расположенные на стенке балки</p>	

продолжение таблицы 1 – Основные неисправности рамы полувагона [5]

<p>Обрыв по сварке или разрыв накладок, соединяющих верхние листы поперечных балок рамы полувагона с нижним обвязочным угольником</p>	
<p>Трещина или разрывы верхнего, нижнего или вертикального листа поперечной балки рамы</p>	
<p>Трещины или разрывы верхнего или вертикального листа шкворневой балки рамы</p>	
<p>Трещины или разрывы вертикального листа концевой балки рамы</p>	

Для уменьшения вероятности образования дефектов рамы, необходимо применять более прочные и технологичные материалы, а так же использовать автоматические способы сварки, позволяющие минимизировать образования дефектов.

2 Материал и методы исследования

2.1 Материал сварной конструкции

Рама вагона является основой кузова, воспринимает от него и перевозимого груза все нагрузки, передает их на ходовые части и, кроме того, служит для размещения автотормозного и автосцепных устройств. Рамы современных грузовых вагонов представляют собой прочные металлические цельносварные конструкции из продольных и поперечных балок. Рамы основных типов вагонов эксплуатационного парка изготовлены из стали марок 09Г2Д, 10Г2БД, а после 2001 г. для изготовления рам применяют более прочные стали марок 10ХСНД и 16Г2АФД. Для изготовления рамы полувагона будет применяться сталь 10ХСНД.

Сталь 10ХСНД – сталь конструкционная низколегированная хромокремненикелевая с медью предназначенная для сварных конструкций.

Назначение – элементы сварных металлоконструкций и различные детали, к которым предъявляются требования повышенной прочности и коррозионной стойкости с ограничением массы и работающие при температуре от -70 до 450 °С. Химический состав и механические свойства стали представлены в таблица 2 и 3, соответственно.

Таблица 2 – Химический состав по ГОСТ 19282-73 [6]

С, %	Si, %	Mn, %	Cr, %	Ni, %	Cu, %	P, %	S, %	As, %	N, %
До 0,12	0,8-1,1	0,5-0,8	0,6-0,9	0,5-0,8	0,4-0,6	<0,035	<0,040	<0,08	0,008

Таблица 3 – Механические свойства в состоянии поставки по ГОСТ 19282-73 [6]

σ_B , МПа, не менее	σ_T , МПа, не менее	δ , %	Ψ , %	KCV, Дж/см ² , при температуре -40°С
540	400	19	56	39

Общие технологические свойства

Свариваемость – сваривается без ограничений. Способы сварки: РДС, АДС под слоем флюса и газовой защитой, ЭШС.

Склонность к отпускной хрупкости – малосклонна.

Флокеночувствительность – не чувствительна [7].

2.2 Оценка технологической свариваемости материала

Сталь 10ХСНД обладает хорошей свариваемостью. Технология сварки должна обеспечивать определенный комплекс требований, основным из которых является равнопрочность сварного соединения с основным металлом и отсутствие дефектов в сварном шве. Для этого механические свойства металла шва и околошовной зоны должны быть не ниже нижнего предела механических свойств основного металла. При сварке ответственных конструкций, швы не должны иметь трещин, непроваров, пор, подрезов. Геометрические размеры и форма швов должны соответствовать требуемым. Сварное соединение должно быть стойким против перехода в хрупкое состояние. В отдельных случаях к сварочному соединению предъявляют дополнительные требования. Однако во всех случаях технология должна обеспечивать производительность и экономичность процесса сварки при требуемой надежности и долговечности конструкции [8].

Воспользуемся методикой определения полного эквивалента углерода по [8], для определения температуры подогрева:

$$\Sigma C_{\text{э}} = C_{\text{э}} + C_{\text{р}}, \quad (1)$$

где $C_{\text{э}}$ - химический эквивалент углерода,

$C_{\text{р}}$ - размерный эквивалент углерода.

Ориентировочным количественным показателем свариваемости стали известного состава является эквивалентное содержание углерода, которое определяется по формуле [8]:

$$C_s = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Cr}{5} + \frac{V}{5} + \frac{Mo}{4} + \frac{Ni}{15} + \frac{Cu}{13} + \frac{P}{2}, \quad (2)$$

где C, Mn, Cr, V, Mo, Ni, Cu, P – содержание легирующих элементов в процентах, тогда согласно формуле [8]:

$$C_s = 0,12 + \frac{0,65}{6} + \frac{0,75}{5} + \frac{0,65}{15} + \frac{0,5}{13} + \frac{0,035}{2} = 0,48 \%,$$

Размерный эквивалент углерода:

$$C_p = 0,005 \cdot \delta \cdot C_s = 0,005 \cdot 10 \cdot 0,48 = 0,024 \%, \quad (3)$$

где δ – толщина свариваемой стали в мм.

Полный эквивалент углерода по формуле (1):

$$\Sigma C_s = 0,48 + 0,024 = 0,504 \, \%.$$

Для стали 10ХСНД полный эквивалент углерода $C_s > 0,45$, поэтому, данная сталь нуждается в подогреве.

Необходимая для подогрева температура определяется следующим образом [8]:

$$T_n = 350 \cdot \sqrt{\Sigma C_s - 0,25} = 350 \cdot \sqrt{0,504 - 0,25} \approx 176 \, C^\circ. \quad (4)$$

Принимаем температуру предварительного подогрева 150-200 °С. Предварительный подогрев в дальнейших расчетах не учитывается, т.к. при малых толщинах, даже если в ЗТВ образуется мартенсит, количество его настолько не велико, что влияние на свойства практически не оказывает, а твердость ЗТВ этих сталей не превышает 220 НВ [8].

2.3 Описание применяемого способа сварки

При выборе способа сварки стоит исходить из его экономической целесообразности, сварочных характеристик, таких как скорость сварки, ток, напряжение, качество сварного соединения и т.д.

Сварная рама полувагона состоит из длинной продольной хребтовой балки и поперечных балок средней длины. Ручная дуговая сварка слишком непроизводительный способ. Автоматической сваркой под флюсом технологически невозможно сварить все элементы рамы. Исходя из этого рассмотрим автоматическую сварку в среде защитных газов.

Сварка в защитных газах базируется на дуговом варианте, при котором электрическая дуга. Отличием от стандартного дугового процесса является введение в зону плавления защитных газов (одного или смеси), которые вытесняют из нее составляющие воздуха: кислород, азот и другие газы, отрицательно влияющие на параметры соединения и качество шва. Шов получается однородным, гладким и полностью соответствует показателям, которых требует ГОСТ 14771-76 [9]. Толщина свариваемых поверхностей варьируется от десятых долей и до десятков миллиметров. Используемая в качестве главного элемента дуга дала второе название этому способу соединения металлов - дуговая сварка в защитных газах. Максимально-возможная наплавка по сечению до 65 мм².

Достоинства способа:

- процесс сварки в защитных газах предпочтительнее других способов благодаря массе положительных моментов;
- эффективная защита сварной ванны (особенно в инертных защитных газах);
- темпы работ. Скорость выше в несколько раз относительно дугового способа соединения;
- контроль. Можно напрямую следить за дугой и ванной;
- универсальность. Технология сварки допускает работу в любых плоскостях;

- чистота шва. Отсутствует необходимость зачистки при выполнении нескольких слоев;
- узконаправленное термическое воздействие. Возникающие в процессе сварки деформации сведены к минимуму;
- диапазон применения. Возможность соединения металлов различной толщины: от самых тонких металлов до нескольких сантиметров;
- декоративность. Получаемые швы отличаются хорошим внешним видом (гладкие, ровные);

Недостатки способа:

- дороговизна. Технология предусматривает наличие специального газового оборудования, и газов, что увеличивает себестоимость работ;
- требовательность. Сварка с применением защитных газов сама нуждается в организации защитных приспособлений, чтобы летучие газы не выдувались атмосферным воздействием (при работе на открытой местности). В закрытых помещениях данный фактор менее важен [8].

2.4 Выбор сварочных материалов для сварки

При дуговой сварке в среде защитных газов в качестве электродных и присадочных материалов используются специальные проволоки. Эти проволоки поставляются по ГОСТ 2246-70 [10]. Стандарт предусматривает 77 марок сварочной проволоки: низколегированных 6, среднелегированных 30, высоколегированных 41. Этим стандартом введены омедненные проволоки, повышено требование к упаковке и транспортировке. Указанные проволоки предназначены для сварки, наплавки и изготовления электродов [10].

В проволоке, предназначенной для сварки углеродистых и низколегированных сталей, основными раскислителями являются кремний и марганец.

Рациональными пределами содержания элементов – раскислителей в электродной проволоке, предназначенной для сварки большинства кипящих и

спокойных углеродистых и низколегированных сталей на токах до 500 А, являются: 0,05-0,12 % углерода, 0,6-1,0 % кремния и 1,4-2,4 % марганца. Для сварки таких сталей имеются специальные марки электродной проволоки [10].

Для низкоуглеродистых сталей типа 10ХСНД рекомендуют применять проволоки Св-08ГС, Св-08Г2С. Для сравнения приведём химический состав данных проволок в таблице 4. В сравнении этих двух марок лучше по механическим свойствам металла однослойных швов при автоматической сварке проволока марки Св-08Г2С [11].

Таблица 4 – Химический состав [10]

Марка проволоки	C	Mn	Si	Cr	Ni	S	P	Al
Св-08ГС	0,10	1,40-1,70	0,6-0,85	0,20	0,25	0,03	0,03	0,05
Св-08Г2С	0,11	1,8-2,10	0,7-0,95					

Для сварки стали 10ХСНД выбираем углекислоту 1 сорта из таблицы 5.

Таблица 5 – Сорта углекислого газа по ГОСТ 8050-85 [12]

Наименование газа	Чистота, %
Углекислота (сварочная) 1 сорт	99,5
Углекислота (сварочная) 2 сорт	99
Углекислота пищевая	98,5
Углекислота техническая	98

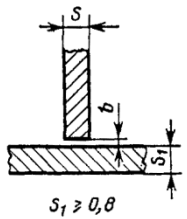
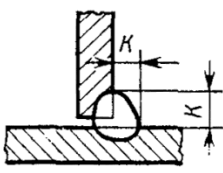
Таким образом, для сварки данной стали используем сварочную углекислоту 1 сорта по ГОСТ 8050-85 [12], её чистота составляет 99,5 %, на остальную долю приходятся различные примеси. Хранят жидкую углекислоту в баллонах при давлении 5,0-6,0 МПа. В баллон емкостью 40 л заливают 25 кг жидкой углекислоты, что при испарении составляет 12600 л углекислого газа.

При испарении углекислоты и выделении из неё газа резко снижается температура, которая приводит при расходах свыше $1000 \frac{\text{л}}{\text{ч}}$ к замерзанию влаги в редукторе. Поэтому стараются поглотить осушителем влагу, а затем перед поступлением в редуктор газ подогревают [12].

2.5 Расчёт параметров режимов сварки

Для сварки рамы полувагона используется два типа швов Н1 и Т1. Произведем последовательный расчет каждого из типов шва. Стенки балок имеют различную толщину, поэтому рассмотрим расчет таврового соединения с катетом шва 5 мм. Основные параметры соединения приведены в таблице 6.

Таблица 6 – Конструктивные элементы сварного соединения по ГОСТ 14771-76 [9]

Условное обозначение сварного соединения	Конструктивные элементы		Способ сварки	s	b	
	подготовленных кромок свариваемых деталей	шва сварного соединения			Номин.	Пред. откл.
Т1			ИНп, ИП, УП	3,2 – 5,5	0	+ 1,0

Зная катет шва определяют площадь поперечного сечения наплавленного металла по формуле [13]:

$$F_n = \frac{k^2}{2} = \frac{5^2}{2} = 12,5 \text{ мм}^2, \quad (21)$$

где k – катет углового шва.

Силу сварочного тока $I_{св}$ рассчитаем по формуле (8):

$$I_{св} = \frac{3,14 \cdot 1,2^2}{4} \cdot 150 = 170 \text{ А},$$

принимаем $I_{св} = 170 \text{ А}$.

Определяем оптимальное напряжение дуги:

$$U_{\delta} = 17 + \frac{50 \cdot 10^{-3}}{\sqrt{d_{\delta}}} \cdot I_{св} \pm 1 = 17 + \frac{50 \cdot 10^{-3}}{\sqrt{1,2}} \cdot 170 \pm 1 = 25 \pm 1 \text{ В}, \quad (22)$$

принимаем напряжение, согласно рекомендации [4], $U_{\delta} = 24 \text{ В}$.

Определим коэффициент формы провара:

$$\psi_{np} = K' \cdot (19 - 0,01 \cdot I_{св}) \cdot \frac{d_{\delta} \cdot U_{\delta}}{I_{св}} = 0,92 \cdot (19 - 0,01 \cdot 170) \cdot \frac{1,2 \cdot 24}{170} = 2,7. \quad (23)$$

Для механизированной сварки значения ψ_{np} должны составлять 0,8...4,0, в нашем случае, значение коэффициента находится в данном интервале, следовательно, режимы подобраны верно.

Определим скорость сварки по формуле [13]:

$$V_{св} = \frac{\alpha_n \cdot I_{св}}{3600 \cdot \gamma \cdot F_n}, \quad (24)$$

где α_n – коэффициент наплавки.

Для определения коэффициента наплавки α_n при механизированных способах сварки в среде CO_2 воспользуемся следующей формулой [13]:

$$\alpha_n = \alpha_p \cdot (1 - \psi), \quad (25)$$

где ψ – коэффициент потерь, который определяется по формуле [13]:

$$\psi_n = -4,72 + 17,6 \cdot 10^{-2} \cdot j - 4,48 \cdot 10^{-4} \cdot j^2. \quad (26)$$

Подставим известные значения плотности тока j в формулу (26), получим:

$$\psi_n = -4,72 + 17,6 \cdot 10^{-2} \cdot 200 - 4,48 \cdot 10^{-4} \cdot 200^2 = 12,56 \text{ \%}.$$

Для того чтобы определить коэффициент наплавки нам необходимо рассчитать коэффициент расплавления α_p по формуле [13]:

$$\alpha_p = 9,05 + 3,1 \cdot 10^{-3} \cdot \sqrt{I_{св}} \cdot \frac{l_{\delta}}{d_{\delta}^2} = 9,05 + 3,1 \cdot 10^{-3} \cdot \sqrt{170} \cdot \frac{1,5}{0,12^2} = 13,26 \text{ г/А·ч}, \quad (27)$$

величину вылета электрода l принимаем 1,5 см, согласно рекомендации [13].

Тогда коэффициента наплавки α_n согласно формуле (25):

$$\alpha_n = 13,26 \cdot (1 - 0,126) = 11,6 \text{ } \frac{\text{с}}{\text{А} \cdot \text{ч}}.$$

Скорость сварки по формуле (24) получаем:

$$V_{св} = \frac{11,6 \cdot 170}{3600 \cdot 7,8 \cdot 0,125} \approx 0,56 \text{ см/с} = 20 \text{ м/ч},$$

Определяем скорость подачи электродной проволоки по формуле:

$$V_{пэл} = \frac{\alpha_p \cdot I_{св}}{3600 \cdot \gamma \cdot F_{эл}} = \frac{13,26 \cdot 170}{3600 \cdot 7,8 \cdot 1,13 \cdot 10^{-2}} \approx 7 \text{ см/с} = 255 \text{ м/ч}, \quad (28)$$

где $F_{эл}$ – площадь поперечного сечения электрода, см²;

γ – плотность электродного металла, г/см³.

Для проверки правильности расчётов определяют глубину проплавления, подставив полученные значения параметров режима в формулу [13]:

$$H = 0,0076 \cdot \sqrt{\frac{q_n}{\Psi_{пр}}}, \quad (29)$$

где q_n – погонная энергия сварочной дуги, Вт;

$\Psi_{пр}$ – коэффициент формы провара.

$$H = 0,0076 \cdot \sqrt{\frac{5829}{2,7}} = 0,35.$$

Все режимы на используемые типы соединений приведены в таблице 7.

Таблица 7 – Режимы механизированной и автоматической сварки в углекислом газе для используемых типов соединений

№	Тип соединения	F _н , мм ²	Катет, мм	Режимы сварки				
				I _{св} , А	U _о , В	V _{св} , м/ч	Q _р , л/мин	α _н , г/А ч
1	T1-∩5 - ГОСТ 14771-76	12,5	5	170- 200	23- 25	20-25	10-12	11,6
2	T3-∩7 - ГОСТ 14771-76	24,5	7	200- 230	23- 25	20-25	10-12	11,6

3	T1-8 - ГОСТ 14771-76	32	8	210-240	24-26	20-25	10-12	11,6
4	H1-10 - ГОСТ 14771-76	50	10	230-260	24-26	20-25	10-12	11,6
5	H1-7 - ГОСТ 14771-76	24,5	7	200-230	23-25	20-25	10-12	11,6

2.6 Обоснование выбора основного сварочного оборудования

Аппарат TransSteel 5000 – это комбинация комплексных связей между поджигом, горением и обрывом дуги. Аппарат TransSteel 5000 оснащен технологией Steel Transfer Technology, которая применима к любой сварке стали.

Steel Root. Этот параметр характеристики предназначен для мягкой и стабильной короткой дуги, создающей стабильную, хорошо управляемую ванну. Безупречная простая сварка корня шва без подложки и отличная сварка по зазору являются аргументами, которые способны убедить любого сварщика.

Steel Dynamic. Это характеристика для концентрированной и гибкой дуги. В результате достигается глубокое и узкое проплавление, а также повышается скорость сварки.

Steel. Универсальная графическая характеристика подходит для быстрых и простых параметров сварки. Она позволяет охватить больший диапазон сварки стали.

Сварочный аппарат TransSteel специально предназначен для сварки стальных конструкций в экстремальных условиях. Профессиональный сварочный аппарат отличается надежным исполнением и функциональным дизайном. Для уровней мощности 350 А и 500 А имеются сварочные горелки для ручной и роботизированной сварки с газовым и жидкостным охлаждением.

Высокая мобильность благодаря механизму подачи проволоки. Механизм подачи проволоки маленький и легкий. Он расширяет возможности применения аппарата и выполнен так, что не цепляется за детали конструкции. Панель управления и все индикаторы непосредственно встроены в механизм подачи

проволоки. Таким образом, управлять сварочной системой можно прямо с рабочего места. Наклонное положение облегчает возможность обзора из любого положения.

- Регулятор расхода газа, встроенный в механизм подачи проволоки позволяет регулировать расхода газа с механизма подачи проволоки.
- Разъем сварочного тока для сварки стержневым электродом на механизме подачи проволоки.
- Серийные боковые салазки для безупречной защиты устройства подачи проволоки.
- Специальные сварочные программы для применения в судостроении.

Система и управление

Сварочный полуавтомат TransSteel довольно прост в управлении, поскольку для сварки стальных деталей требуются простые инструменты с эффективными функциями. Отлично согласованные друг с другом системные компоненты гарантируют 100% производительность системы.

Способ сварки:

- сварка MIG/MAG;
- ручная дуговая сварка (ММА).

Технические характеристики аппарата Fronius TransSteel 5000 приведены в таблице 8.

Таблица 8 – Технические характеристики аппарата Fronius TransSteel 5000

Тип	инверторный
Напряжение сети (+/- 15%) при 50/60 Гц	380 В
Сварочный ток, min	от 10 А
Сварочный ток, max	до 500 А
Диапазон сварочного тока	10-500 А
Сварочный ток при	
10 мин/40 °С 40% ПВ	500 А
10 мин/40 °С 100% ПВ	360 А

Напряжение холостого хода	60 В
Рабочее напряжение	14,5-39,0 В
Габариты	747x300x497 мм
Масса	30,15 кг

3 Технология сварки

Общая схема технологического процесса сборки и сварки рамы вагона предусматривает следующие операции:

- узловая сборка и сварка элементов рамы;
- общая сборка рамы;
- сварка рамы;
- зачистка швов после сварки;
- правка и контроль качества сварных швов после правки;
- контроль, геометрических параметров сварного узла [15].

3.1 Узловая сборка и сварка элементов рамы

При изготовлении рам вагонов следует вначале осуществлять поузловую сборку и сварку, а затем уже общую. Технологическими узлами в данном случае являются следующие элементы рамы:

- хребтовая балка,
- шкворневые балки,
- поперечные балки,
- концевые балки.

Узлы собирают и сваривают на обособленных рабочих местах параллельно процессу общей сборки рамы.

Рассмотрим некоторые особенности изготовления наиболее сложного узла рамы вагона – хребтовой балки.

В таблице 9 указаны последовательность выполнения операций и рекомендуемое оборудование для изготовления хребтовых балок в условиях различных типов производства.

Таблица 9 – Последовательность операций при изготовлении хребтовых балок [15]

№ операции	Наименование и последовательность выполнения операций технологического процесса изготовления хребтовой балки рамы вагона	Рекомендуемые оборудование, приспособления и инструмент
1	Предварительная правка профилей проката	Универсальное приспособление для правки, стеллаж, домкраты, упоры
2	Разметка профиля по длине с учетом припусков, резка профиля	Стеллаж, рулетка, аппарат для газовой резки
3	Зачистка профиля по линии реза	Стеллаж, наждачный инструмент
4	Сверление отверстий под сменные предохранительные планки, вырезание отверстий для прохода тормозных рычагов и др.	Стеллаж, газорезный аппарат, сверлильный станок
5	Клепка сменных предохранительных накладок, петель люков и других деталей	Стеллаж, нагреватель заклепок, пневматическая или гидравлическая скоба, державки
6	Предварительная сборка и сварка двух профилей хребтовой балки (если балка состоит из двух)	Универсальный сборочный стенд, аппарат для ручной дуговой, или полуавтоматической сварки, стенд или стеллаж
7	Общая сборка хребтовой балки (установка в кондуктор продольных профилей, установка розеток автосцепки с передними упорами, задних упоров, пятниковых узлов, диафрагм, усиливающих листов). Прихватка элементов. Проверка правильности сборки и основных размеров	Универсальный сборочный стенд (кондуктор), сварочное оборудование
8	Сверление отверстий для заклепок в розетках автосцепки, задних и передних упорах, поддерживающих планках и т. п.	Радиально-сверлильный станок, накладной кондуктор, стеллаж
9	Приклепка элементов хребтовой балки	Нагреватель заклепок, гидравлическая или пневматическая скоба, стеллаж, державки

Продолжение таблицы 9 – Последовательность операций при изготовлении хребтовых балок [15]

10	Сварка собранной хребтовой балки, приварка ребер жесткости, планок и кронштейнов для крепления тормозных устройств, усиливающих листов, обечаек проходных отверстий	Стеллаж, оборудование для ручной дуговой или полуавтоматической сварки
11	Проверка хребтовой балки	Стеллаж, набор универсальных мерительных инструментов

Кондуктор для сборки и сварки хребтовой балки имеет жесткую раму 1 (рисунок 7) с базовыми поверхностями, на которые укладывают продольные элементы.

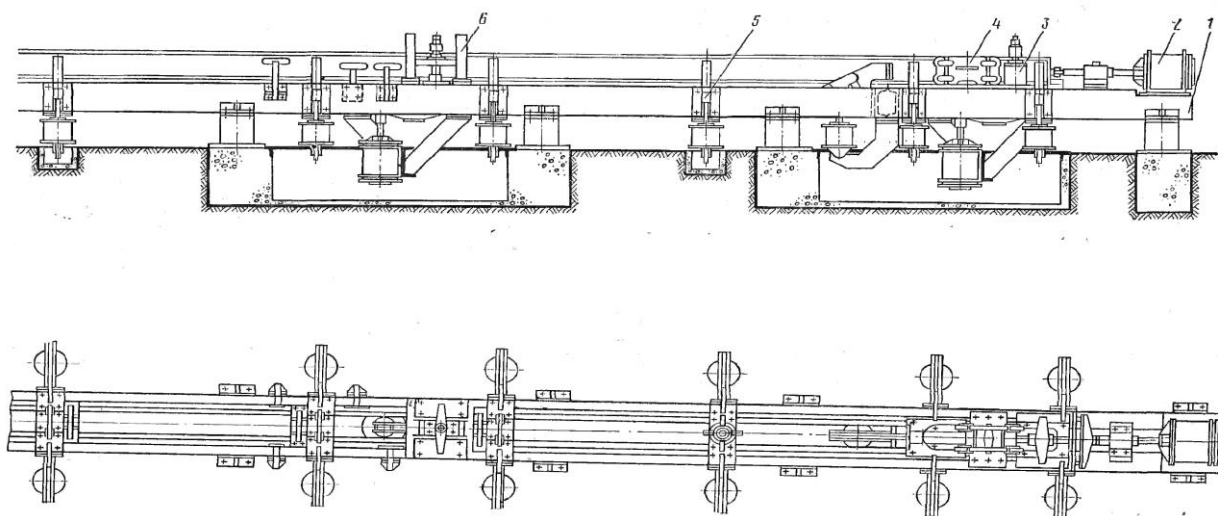


Рисунок 7 – Кондуктор для сборки и сварки хребтовой балки рамы пассажирского вагона [15]

На одном конце кондуктора установлены откидные упоры, ограничивающие продольное перемещение элементов, на другом – торцовый прижим с силовым цилиндром 2. Для обеспечения необходимого расстояния между вертикальными стенками профилей кондуктор оборудован фиксирующими устройствами 3 и 6. Для ограничения перемещений в поперечном направлении и соблюдения прямолинейности по всей длине

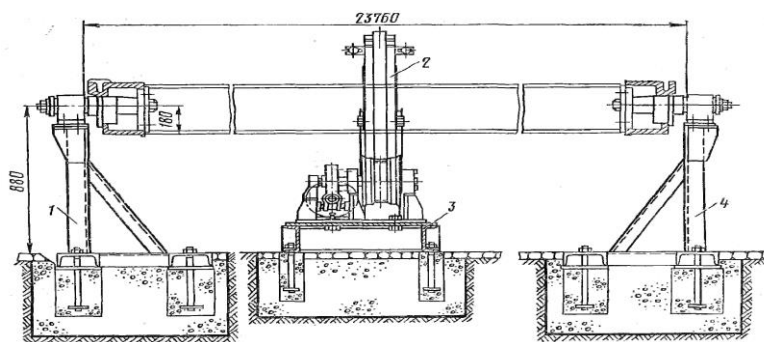
хребтовой балки предусмотрены боковые упоры-фиксаторы 4 и прижимы 5. Изгибу балки в вертикальной плоскости также препятствуют прижимы.

В местах установки диафрагм жесткости, пятниковых узлов, розеток автосцепки, упорных кронштейнов на кондукторе смонтированы соответствующие фиксирующие узлы с прижимами.

Сборочно-сварочный стенд предназначен для сборки и сварки хребтовой балки на одном рабочем месте. Конструктивно он должен быть выполнен так, чтобы имелся свободный доступ ко всем свариваемым местам, жесткость элементов стенда была достаточной для восприятия усилий, возникающих в результате деформаций изделия при сварке, и имелись устройства, препятствующие этим деформациям.

Для поворота (кантовки) собранных хребтовых балок и установки их в наиболее удобное положение при сварке применяется различные двухстоечный стенд-кантователь.

Двухстоечные кантователи (рисунок 8) просты по конструкции и могут применяться для хребтовых балок различных конструкций. Поворот свариваемой балки можно осуществлять на 360° с фиксацией под любым углом.



1, 4 – стойки; 2 – поворотное кольцо с приводом; 3 – рама

Рисунок 8 – Двухстоечный кантователь для хребтовой балки [15]

3.2 Общая сборка рамы

Общая сборка рамы из предварительно сваренных технологических узлов и элементов производится в стационарных стендах (кондукторах) или в

поворотных стендах-кантователях, которые оснащены быстродействующими механизированными прижимами для жесткого фиксирования и закрепления деталей (узлов).

3.3 Сварка рамы

Зазоры между элементами устанавливают в зависимости от толщины свариваемых металлов и способов сварки (таблица 10).

Таблица 10 – Зазоры для сварки элементов рамы [15]

Вид соединения	Толщина металла, мм	Максимальный зазор в соединении, мм, при сварке	
		полуавтоматической	автоматической
Стыковое	3–5	1,0	1,0
	6–10	1,0	1,0
	10	1,5	1,5
Тавровое	3-5	0,5	0,5
	6–10	1,0	0,5
	10	1,0	1,0

Прихватки для соединения деталей размещают, как правило, в местах расположения сварных швов. У собранной рамы проверяют геометрические размеры, после чего ее передают на сварку.

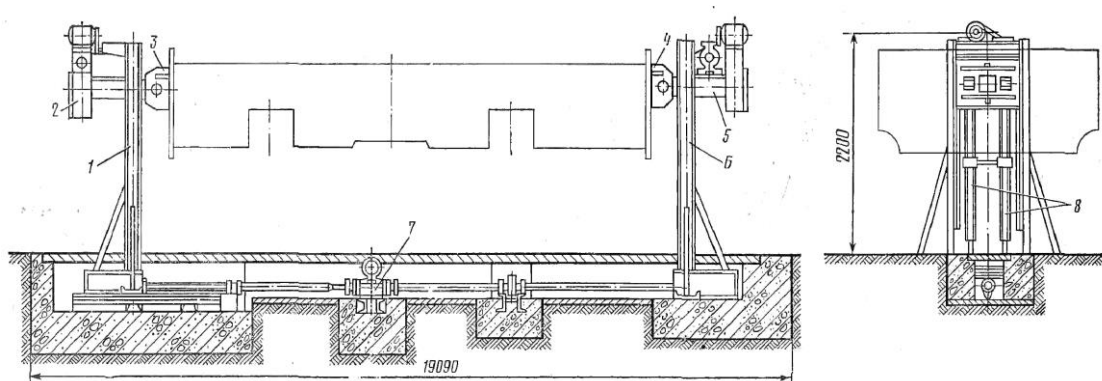
Процесс сварки осуществляют в помещении цеха при положительной температуре окружающей среды. Предварительно места на раме, подлежащие сварке, очищают от окалины и загрязнений. Если сварка выполняется вручную, то следует избегать наложения швов в вертикальном и потолочном положении, так как при этом трудно обеспечить надлежащее качество соединения. При сварке в среде защитных газов не должно быть сквозняков, влияющих на стабильность сварочной дуги.

Чтобы избежать появления деформаций, сварку производят одновременно два сварщика (или большее количество сварщиков), которые размещаются симметрично на противоположных сторонах рамы.

Для наложения открытых швов, доступных для продвижения сварочного полуавтомата, применяют полуавтоматическую сварку в среде углекислого газа. Сварку стыковых соединений рекомендуется вести только в нижнем или наклонном (не более 20°) положениях. В последнем случае электрод нужно вести на подъем. Угловые соединения можно сваривать в нижнем и вертикальном положениях.

Для поворота рам и установки их в наиболее удобное положение при сварке применяют кантователи – двухстоечные, кольцевые или с домкратами.

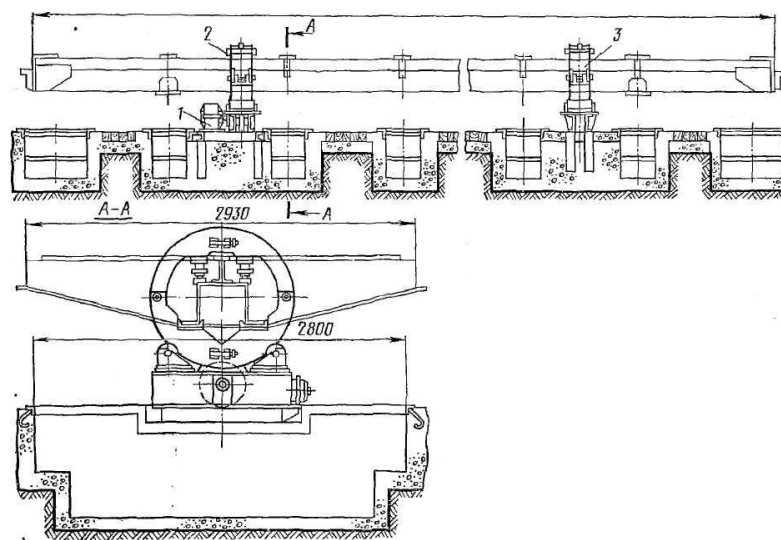
Двухстоечные кантователи (рисунок 9) просты по конструкции и универсальны по применению. Рама в них поворачивается вокруг горизонтальной оси.



- 1 и 6 – подвижная и неподвижная стойки; 2, 5 – электроприводы поворота; 3, 4 – захваты; 7 – привод перемещения стойки;
8 – грузоподъемные винты

Рисунок 9 – Двухстоечный кантователь для сварки рамы [15]

Кольцевые кантователи (рисунок 10) используют для закрепления рам, имеющих достаточную жесткость и относительно небольшую величину прогиба от собственного веса.



1 – привод кольцевой опоры; 2 и 3 – ведущая и ведомая опоры

Рисунок 10 – Кантователь с кольцевыми опорами для рамы [15]

Стенды для сварки рам вагонов целесообразно применять в случаях, когда: сварку рамы необходимо вести с жестким закреплением для уменьшения деформаций; стенд одновременно является и сборочным приспособлением (кондуктором); требуется точное фиксирование свариваемых кромок относительно сварочной головки; применяется автоматическая сварка на флюсовой подушке.

По конструкции стенды бывают стационарные и поворотные при этом они могут быть универсальными или специализированными. Правка рамы вагона после сварки для устранения деформации осуществляется в зависимости от ее конструктивных особенностей в холодном состоянии на прессах или при помощи переносных домкратов с местным подогревом пламенем газокислородных горелок.

Последовательность сборки и сварки элементов рамы описана в комплекте технологической документации в Приложении А.

3.4 Зачистка швов после сварки

Зачистка швов после сварки должна производиться, как правило, механизированным (абразивными кругами, стальными проволочными

щетками), дробеструйным и другими способами, обеспечивающими очистку поверхности до чистого металла [16].

3.5 Правка и контроль качества сварных швов после правки

Для правки рам применяют гидравлические прессы усилием $15 \cdot 10^5$ Н (150 тс) и более, которые монтируют на поточной линии. Правка осуществляется созданием обратного изгиба в деформированной зоне.

Более универсален способ правки с местным подогревом газокислородным пламенем и применением переносных гидравлических домкратов и различных приспособлений. Таким способом раму выправляют непосредственно на месте сборки и сварки.

После правки рамы проверяют качество сварных швов в соединениях элементов. Все швы осматривают и проверяют соответствие их размеров чертежным с помощью шаблонов. При внешнем осмотре выявляют наличие резких наплывов, прерывов, кратеров (прожогов), пор. Наплывы удаляют, непровары и прожоги заваривают. Дефектные участки швов выплавляют или вырубают и затем заваривают вновь [16].

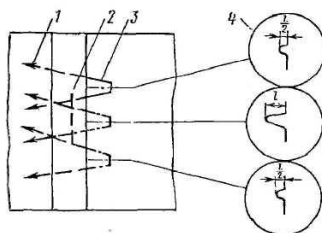
3.6 Контроль, геометрических параметров сварного узла

Помимо наружного осмотра швы наиболее ответственных соединений подвергают дефектоскопированию просвечиванием рентгеновскими или гамма-лучами или ультразвуком. Дефектоскопированием контролируют швы соединений листов хребтовой балки с листами шкворневой и концевой балок, соединений раскосов с листами шкворневых балок, стыковые швы хребтовой балки.

Способ рентгено- и гамма-просвечивания сварных швов отличается простотой и наглядностью, позволяет получить объективные результаты контроля даже в труднодоступных местах. Просвечиванием выявляют внутренние дефекты сварных швов – газовые включения, непровары, трещины.

Для просвечивания используют рентгеновские аппараты типов РУП-100, РУП-150, РУП-200. Основной недостаток контроля проникающими лучами – низкая производительность.

Ультразвуковое дефектоскопирование применяют для выявления внутренних дефектов в сварных швах (трещины, непровары, поры, шлаковые включения) и определения места их расположения (рис. 7.32). Так проверяют стыковые швы плоских и цилиндрических изделий толщиной от 6.



1 – направление луча ультразвука; 2 – скрытый дефект в сварном шве; 3 – головка призматического искателя; 4 – осциллограммы на экране дефектоскопа при различных положениях головки до 16 мм

Рисунок 11 – Схема ультразвуковой проверки качества сварного шва [15]

Контроль осуществляется дефектоскопами типов ДУК-ПИМ и УДМ-1М на частоте 2,5 МГц с призматическими искателями. Угол падения ультразвукового луча принят 40 и 50° соответственно типу искателя.

Ультразвуковые дефектоскопы обладают высокой чувствительностью, безопасны в работе, их производительность в 6 раз выше, чем рентгеновских аппаратов.

После проверки качества сварных швов рама передается на позиции монтажа подвагонного оборудования.

4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

4.1 Анализ конкурентных технических решений

Согласно обзору литературы, на сегодняшний день рационально использовать несколько способов сварки для изготовления рамы полувагона: ручная дуговая, механизированная и автоматическая в защитном газе плавящимся электродом и автоматическая сварка под слоем флюса. В выпускной квалификационной работе рассматривается способ автоматической сварки в защитном газе плавящимся электродом.

С помощью анализа конкурентных технических решений, проведем оценку сравнительной эффективности научной разработки и определим направление для ее реализации. Позиция разработки и конкурентов оценивается по каждому показателю экспертным путем по пятибалльной шкале, где 1 – наиболее слабая позиция, а 5 – наиболее сильная. Веса показателей, определяемые экспертным путем, в сумме должны составлять 1.

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum B_i \times b_i, \quad (30)$$

где K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

B_i – вес показателя (в долях единицы);

b_i – балл i -го показателя.

Оценочная карта представлена в таблице 11.

Таблица 11 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б _ф	Б _{к1}	Б _{к2}	К _ф	К _{к1}	К _{к2}
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Спрос проекта	0,1	5	3	5	0,5	0,3	0,2
2. Удобство в применении	0,2	5	4	4	1	0,8	0,4
3. Возможности проекта	0,15	3	4	5	0,45	0,6	0,75
4. Универсальность	0,1	4	4	2	0,4	0,4	0,2
5. Эффективность применения	0,1	5	4	4	0,5	0,4	0,4
Экономические критерии оценки эффективности							
1. Конкурентоспособность	0,1	2	5	3	0,3	0,7	0,45
2. Уровень проникновения	0,1	5	4	4	0,5	0,4	0,4
3. Цена	0,1	4	3	3	0,4	0,3	0,3
4. Квалифицированные	0,05	5	5	5	0,3	0,3	0,3
Итого	1	38	36	35	4,35	4,2	3,4
<p><i>Примечание:</i></p> <p>B_{ϕ} – оценка профессиональных рисков при проведении работ;</p> <p>$B_{к1}$ – прогнозная оценка профессиональных рисков;</p> <p>$B_{к2}$ – оценка ретроспективных профессиональных рисков.</p>							

Опираясь на полученные данные, можно судить, что модернизированная технология, рассмотренная в дипломной работе, эффективнее, чем методы, применяемые конкурентами.

4.2 SWOT-анализ

В этом разделе необходимо выявить сильные и слабые стороны научного проекта, а также возможности и угрозы для его дальнейшей реализации.

Первый этап – опишем сильные и слабые стороны проекта, в выявлении возможностей и угроз для реализации проекта (таблица 12).

Таблица 12 – SWOT – анализ

	<p>Сильные стороны научно-исследовательского проекта:</p> <p>С1. Заявленная экономичность и ресурсоэффективность технологии.</p> <p>С2. Экологичность технологии.</p> <p>С3. Простота технологии</p> <p>С4. Минимальное количество отходов производства</p>	<p>Слабые стороны научно-исследовательского проекта:</p> <p>Сл1. Отсутствие прототипа научной разработки</p> <p>Сл2. Отсутствие необходимых условий и оборудования для проведения испытания опытного образца</p> <p>Сл3. Необходимость в специалисте для настройки и применения данной системы.</p>
<p>Возможности:</p> <p>В1. Использование инновационной инфраструктуры ТПУ</p> <p>В2. Использование инфраструктуры ПАО «РЖД»</p> <p>В3. Появление дополнительного спроса на новый продукт</p> <p>В4. Использование разработки в промышленных масштабах</p> <p>В5. Повышение стоимости конкурентных разработок</p>		
<p>Угрозы:</p> <p>У1. Отсутствие спроса на новые технологии производства</p> <p>У2. Конкуренция имеющихся технологий производства</p> <p>У3. Несвоевременное финансовое обеспечение исследования государством</p>		

Второй этап – выявим соответствие сильных и слабых сторон научно-исследовательского проекта внешним условиям окружающей среды (таблицы 13–16).

Таблица 13 – Интерактивная матрица проекта (возможности и сильные стороны проекта)

Сильные стороны проекта					
Возможности проекта		C1	C2	C3	C4
	B1	+	0	+	+
	B2	+	+	+	+
	B3	+	–	–	0
	B4	+	0	0	–
	B5	0	0	–	+

Вывод по таблице 13: коррелирующие сильных сторон и возможностей проекта – B1C1, B1C3, B1C4, B2C1, B2C2, B2C3. B2C4, B3C1, B3C2, B3C3, B4C1, B4C4, B5C3, B5C4.

Таблица 14 – Интерактивная матрица проекта (возможности и слабые стороны проекта)

Возможности проекта		Сл1	Сл2	Сл3
	B1	0	–	–
	B2	+	–	–
	B3	0	0	0
	B4	+	0	0
	B5	0	+	+

Вывод по таблице 14: коррелирующие слабых сторон и возможностей проекта – B1Сл2, B1Сл3, B2Сл1, B2Сл2, B2Сл3, B4Сл1, B5Сл2, B5Сл3.

Таблица 15 – Интерактивная матрица проекта (угрозы и сильные стороны проекта)

Сильные стороны проекта					
Угрозы проекта		C1	C2	C3	C4
	У1	–	0	+	0
	У2	+	–	0	+
	У3	0	+	–	0

Вывод по таблице 15: коррелирующие сильных сторон и угроз проекта, У1С1, У1С3, У2С1, У2С2, У2С4, У3С2, У3С3.

Таблица 16 – Интерактивная матрица проекта (угрозы и слабые стороны проекта)

Слабые стороны проекта

Угрозы проекта		Сл1	Сл2	Сл3
	У1	0	–	–
	У2	0	0	+
	У3	+	0	+

Вывод по таблице 16: коррелирующие слабых сторон и угроз проекта – У1Сл2, У1Сл3, У2Сл3, У3Сл1, У3Сл3

Выявив соответствия сильных и слабых сторон научно исследовательского проекта внешним условиям окружающей среды, можно определить потребность в проведении стратегических изменений.

Третий этап – составим итоговую матрицу SWOT-анализа (таблица 17).

Таблица 17 – SWOT-анализ

	<p>Сильные стороны научно-исследовательского проекта:</p> <p>С1. Заявленная экономичность и ресурсоэффективность технологии.</p> <p>С2. Экологичность технологии.</p> <p>С3. Простота технологии</p> <p>С4. Минимальное количество отходов производства</p>	<p>Слабые стороны научно-исследовательского проекта:</p> <p>Сл1. Отсутствие прототипа научной разработки</p> <p>Сл2. Отсутствие необходимых условий и оборудования для проведения испытания опытного образца</p> <p>Сл3. Необходимость в специалисте для настройки и применения данной системы.</p>
<p>Возможности:</p> <p>В1. Использование инновационной инфраструктуры ТПУ</p> <p>В2. Использование инфраструктуры ПАО «РЖД»</p> <p>В3. Появление дополнительного спроса на новый продукт</p> <p>В4. Использование разработки в промышленных масштабах</p> <p>В5. Повышение стоимости конкурентных разработок</p>	<p>В1С1– разработка технологии, отвечающей стандартам качества</p> <p>В1С3 – высокий спрос на рынке</p> <p>В1С4 – уменьшение издержек</p> <p>В2С1 – ускорение темпов разработки</p> <p>В2С2 - уменьшение выплат по охране труда</p> <p>В2С3 – возможность тестирования технологии на передовом оборудовании ПАО «РЖД»</p> <p>В2С4– уменьшение издержек</p> <p>В3С1 – расширение производства</p> <p>В3С2 – выход на новые рынки</p> <p>В3С3– возможность коммерческой реализации проекта</p> <p>В4С1– оформление патента на технологию</p> <p>В4С4 – экономия на материалах</p> <p>В5С3 – поиск новых инженерных решений</p> <p>В5С4 – уменьшение издержек</p>	<p>В1Сл2 – проведение испытаний на базе ПАО «РЖД»</p> <p>В1Сл3 – привлечение к проекту студентов старших курсов для стажировки</p> <p>В2Сл1 – уменьшение стоимости разработки прототипа</p> <p>В2Сл2 – проведение испытаний на базе НИ ТПУ</p> <p>В2Сл3 – привлечение к проекту сотрудников РЖД</p> <p>В4Сл1 – практическое применение разработки</p> <p>В5Сл2 – поиск новых инженерных решений</p> <p>В5Сл3 – дополнительные временные затраты на оттачивание технологического процесса сварки</p>

продолжение таблицы 17 – SWOT-анализ

<p>Угрозы:</p> <p>У1. Отсутствие спроса на новые технологии производства</p> <p>У2. Конкуренция имеющихся технологий производства</p> <p>У3. Несвоевременное финансовое обеспечение исследования государством</p>	<p>У1С1 – реализация проекта в других отраслях</p> <p>У1С3 – создание предприятия на базе ТПУ</p> <p>У2С1 - – все известные аналоги сварки при прочих равных имеют более дорогостоящие оборудование.</p> <p>У2С2 – появление расширенной линейки продукции</p> <p>У2С4 – уменьшение себестоимости изготовления</p> <p>У3С2 - уменьшение количество отходов и выбросов в атмосферу</p> <p>У3С3 – привлечение хоз договоров ТПУ на развитие проекта</p>	<p>У1Сл2 – поиск площадки для проведения экспериментов с бартерным условием на технологию</p> <p>У1Сл3 – снижение затрат на выплаты по охране окружающей среды</p> <p>У2Сл3 – проведение всех экспериментальных работ на кафедре ОТСП ТПУ</p> <p>У3Сл1 – разработка прототипа на кафедре ТПУ, усилиями сотрудников кафедры</p> <p>У3Сл3 – привлечение инвестиций от заинтересованных в исследовании компаний</p>
---	---	--

В результате проведенного SWOT-анализа были рассмотрены сильные и слабые стороны проекта, а реальных угроз, которые могут помешать реализации проекта выявлено не было, также возможности открывают хорошие перспективы для применения разработки в промышленности.

4.3 Планирование управления проектом

4.3.1 План проекта

В рамках планирования научного проекта необходимо построить линейный график выполнения проекта. Линейный график представляется в виде таблицы (таблица 18).

Таблица 18 – Распределение этапов работы

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Создание темы проекта	1	Составление и утверждение темы проекта	Научный руководитель
	2	Анализ актуальности темы	

продолжение таблицы 18 – Распределение этапов работы

Выбор направления исследования	3	Поиск и изучение материала по теме	Инженер
	4	Выбор направления исследований	Научный руководитель, инженер
	5	Календарное планирование работ	
Теоретические исследования	6	Изучение литературы по теме	Инженер
	7	Подбор нормативных документов	
	8	Изучение автоматической сварки в защитном газе	
Практические исследования	9	Сварка контрольных образцов исследуемыми методами.	Инженер
	10	Изучение результатов проведенной сварки	
Оценка полученных результатов	11	Анализ результатов	Научный руководитель, инженер
	12	Заключение	Научный руководитель, инженер

В первую очередь определяется полный перечень проводимых работ, а также продолжительность на каждом этапе. В результате планирования формируется график реализации проекта. Для построения работ необходимо соотнести соответствующие работы каждому исполнителю.

4.3.2 Определение трудоемкости выполнения работ

Работа над ВКР проводилась с 12 января 2021 года по 1 июня 2021 года. В итоге, при пятидневной рабочей неделе с учетом выходных и праздничных дней получается 99 рабочих дней.

Трудоемкость работ определяется по сумме трудоемкости этапов работ, оцениваемых экспериментальным путем в человеко-днях. Она носит вероятностный характер, так как зависит от множества трудно учитываемых

факторов. Поэтому для определения ожидаемой продолжительности работ $t_{ож}$ используется метод вероятностных оценок длительности работ. Он основан на использовании трех оценок

$$t_{ож} = \frac{t_{\min} + 4t_{нв} + t_{\max}}{6}, \quad (31)$$

где t_{\min} – кратчайшая продолжительность заданной работы (оптимистическая оценка),
 t_{\max} – самая большая продолжительность работы (пессимистическая оценка),
 $t_{нв}$ – наиболее вероятная продолжительность работы.

Для оценки трудоемкости необходимо разработать перечень работ. Выбор комплекса работ при разработке проекта производится в соответствии с ГОСТ 19.102-77 [17] устанавливающего стадии разработки. Перечень комплекса работ приведен в таблице 19.

Таблица 19 – Комплекс работ по разработке технологического процесса сварки рамы полувагона













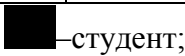

Наименование работ	Исполнители	Кол-во чел.	Продолжительность работ, дней			
			t_{\min}	t_{\max}	$t_{нв}$	$t_{ож}$
Постановка задачи	Р	2	1	2	2	2
	И		1	2	1	2
Составление, согласование и утверждение технического задания	Р	2	2	5	4	4
	И		1	2	1	2
Сбор и изучение научно-технической литературы, нормативно-технической документации	И	1	5	8	6	7
Разработка плана работ	И	1	2	3	2	3

Продолжение таблицы 19 – Комплекс работ по разработке технологического процесса сварки рамы полувагона

Постановка эксперимента	Р	2	1	2	1	2
	И		3	6	5	5
Подготовка к проведению эксперимента	И	1	5	9	7	8
Проведение эксперимента	И	1	2	4	3	4
Комплексный анализ полученных данных	Р	2	1	2	2	2
	И		10	14	12	13
Оформление отчета об эксперименте	И	1	2	3	2	3
Составление полной работы	И	1	10	16	12	14
Исправление ошибок	И	1	15	23	18	21
Подготовка доклада по исследованию	Р	2	1	4	4	4
	И		2	5	5	5
Итого	Руководитель		14			
	Инженер		85			

Таким образом, общая длительность работ в календарных днях (руководителя – 14 дн., инженера – 85 дн., совместной работы – 10 дн.) равна 99 дн. На основании таблицы 19 строим календарный план-график, который отражает длительность исполнения работ в рамках проектной деятельности (таблица 20).

Таблица 20 – Календарный план-график проведения НИОКР по теме

№ Ра-бот	Вид работ	Исполнители	Т _{кi} , кал. дн.	Продолжительность выполнения работ								
				март			апрель			май		
				1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель	4									
2	Выдача задания на тему	Руководитель	3									
3	Постановка задачи	Руководитель	3									
4	Определение стадий, этапов и сроков разработки	Руководитель, Инженер	2									
5	Поиск и изучение материалов по теме	Инженер	31									
6	Анализ существующего опыта	Инженер	9									
7	Подбор нормативных документов	Инженер	8									
8	Согласование полученных данных с руководителем	Руководитель, Студент	1									
9	Разработка технологической документации	Инженер	36									
10	Оценка эффективности полученных результатов	Инженер	4									
12	Работа над выводом	Инженер	2									
13	Составление пояснительной записки	Инженер	7									
 – студент;  – руководитель.												

4.4 Бюджет научного исследования

При планировании бюджета НТИ должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов расходов, связанных с его выполнением.

Определение затрат производится путем составления сметы затрат на разработку технологического процесса. Смета затрат состоит из прямых и накладных расходов, которые включают в себя следующие статьи:

статья 1 – материальные затраты НТИ;

статья 2 – затраты на специальное оборудование для научных работ;

статья 3 – основная заработная плата исполнителей темы;

статья 4 – дополнительная заработная плата исполнителей темы;

статья 5 – отчисления во внебюджетные фонды;

статья 6 - накладные расходы.

4.4.1 Расчет материальных затрат НТИ

Перечень стоимости сварочного оборудования и материалов необходимых для данной разработки приведены в таблице 21.

Таблица 21 – Основные материалы

Наименование	Ед. изм	Кол-во	Цена за ед., руб	Затраты на материалы, руб.
Invertex V300-I	шт.	1	16 000	16 000
Фильтр СЕ, комплект	шт.	1	3 500	3 500
Кабель обратной связи	шт.	1	8 000	8 000
Адаптер модели K350	шт.	1	5 300	5 300
Высокопрочный контрольный кабель ArcLink®	шт.		13 000	13 000
Углекислый газ	м ³	10	77	770
Сварочная проволока	кг	5	200	1000
Z-образный профиль	кг	404	50	20200
Двутавровая балка	кг	231	45	10395
Итого				141365

Из затрат на материальные ресурсы, включаемых в себестоимость продукции, исключается стоимость возвратных отходов.

4.4.2 Расчет затрат на специальное оборудование для научных работ

В данном разделе рассмотрены затраты на приобретение специального оборудования. Стоимость оборудования указана в таблице 22.

Таблица 22 – Стоимость специального оборудования

Наименование	Кол-во	Цена ед., руб.	Сумма, руб.
Сварочный выпрямитель ВДУ-506С	1 шт.	2084922	2084922
Сварочный трактор Miggytrac 2000	1 шт.	1042435	1042435
Затраты на доставку и монтаж			469103
Итого			3596460

Затраты на доставку и монтаж составляют 15% от общей цены оборудования.

$$C_{д.м.} = 0,15 \cdot C_{общ} = 0,15 \cdot 3127357 = 469103 \text{ руб.} \quad (32)$$

где $C_{д.м.}$ – затраты на доставку и монтаж, руб,

$C_{общ}$ – затраты на оборудование, руб.

В данном разделе были определены общая стоимость специального оборудования для выполнения проекта, она составила 3127357 руб., плюс затраты на доставку и монтаж 469103 руб., общие затраты в этом случае равны 3596460 руб.

Амортизационные отчисления определим по формуле:

$$C_A = \sum_{i=1}^n \frac{C_B \cdot H_A \cdot g \cdot t}{\Phi_{эф}}, \quad (33)$$

где n – количество видов единиц оборудования,

C_B – балансовая стоимость i -го вида оборудования,

H_A – норма годовых амортизационных отчислений для оборудования,

g – количество единиц i -го вида оборудования,

t – время работы i -го вида оборудования, час,

$\Phi_{\text{эф}}$ – эффективный фонд времени работы оборудования, час.

Эффективный фонд времени работы оборудования определяется по формуле:

$$\Phi_{\text{эф}} = D \cdot H_z, \quad (34)$$

где D – количество рабочих дней в году,

H_z – норматив среднесуточной загрузки.

$$\Phi_{\text{эф}} = 246 \cdot 8 = 1968 \text{ час.}$$

В нашем случае при разработке использовалось две единицы оборудования – компьютер и сварочный аппарат. Балансовая стоимость сварочного оборудования - $C_b = 3127357$ руб. Количество сварочных аппаратов $g = 1$. Время работы за сварочным аппаратом $t = 8$ часа. Норма годовых амортизационных отчислений для сварочного аппарата $H_A = 20\%$.

Тогда амортизационные отчисления на разработку проекта составят:

$$C_A = \frac{3596460 \cdot 0,2 \cdot 1 \cdot 8}{1968} = 2924 \text{ руб.}$$

В данном разделе были определены амортизационные отчисления со сварочного оборудования ВДУ-506С и Miggytrac 2000

4.4.3 Расчет фонда заработной платы

Заработная плата определяется в соответствии с количеством отработанного времени по теме и установленным штатно-должностным окладом [18]. Для техника (дипломника) месячный оклад составляет $Z_{\text{бт}} = 6595$ руб/мес, для руководителя (доцента с ПКГ ППС 4) - $Z_{\text{бп}} = 33162$ руб/мес.

Заработная плата рассчитывается по формуле 35 [12]:

$$C_{\text{зп}} = Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}, \quad (35)$$

где $Z_{\text{осн}}$ – основная заработная плата;

$Z_{\text{доп}}$ – дополнительная заработная плата.

Основная заработная плата ($Z_{\text{осн}}$) руководителя (лаборанта, инженера) рассчитывается по следующей формуле 36 [18]:

$$З_{\text{осн}} = З_{\text{дн}} \cdot T_{\text{раб}}, \quad (36)$$

где $З_{\text{осн}}$ – основная заработная плата одного работника;

$T_{\text{р}}$ – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн.;

$З_{\text{дн}}$ – среднедневная заработная плата работника, руб.

Среднедневную заработную плату можно рассчитать по формуле 37 [18]:

$$З_{\text{дн}} = \frac{З_{\text{м}}}{T}, \quad (37)$$

где $З_{\text{м}}$ – месячный должностной оклад работника, руб.;

T – количество рабочих дней в месяце. Принимаем 6- дневную рабочую систему, значит $T=26$ дней.

Месячный должностной оклад работника [18]:

$$З_{\text{м}} = З_{\text{б}} \cdot k_{\text{р}}, \quad (38)$$

где $З_{\text{б}}$ – базовый оклад, руб.;

$k_{\text{р}}$ – районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска).

Теперь рассчитываем месячную заработную плату работников проекта:

$$З_{\text{мт}} = 6595 \cdot 1,3 = 8573,5 \text{ руб.};$$

$$З_{\text{мп}} = 33162 \cdot 1,3 = 43110,6 \text{ руб.}$$

Определяем среднедневную заработную плату:

$$З_{\text{дн.т}} = \frac{8573,5}{26} = 329,75 \text{ руб.};$$

$$З_{\text{дн.п}} = \frac{43110,6}{26} = 1658,1 \text{ руб.}$$

Основную заработную плату определим с допущением, что на данный проект его работники затратили 99 полных рабочих дней (8 часов в день):

$$З_{\text{осн.т}} = 329,75 \cdot 99 = 32645 \text{ руб.};$$

$$З_{\text{осн.п}} = 1658,1 \cdot 99 = 164152 \text{ руб.}$$

Результаты расчета фонда заработной платы представлены в таблице 23.

Таблица 23 – Фонд заработной платы

Исполнитель	Число исполнителей	Трудоемкость выполнения работы Тисп, д	Зарботная плата по тарифной ставке руб./мес.	Среднедневная заработная плата, руб	Основная заработная плата исполнителя ЗПосн, руб.	Месячный должностной оклад, руб
Дипломник (техник)	1	99	6595	329,75	32645	8573,5
Руководитель (доцент)	1	99	33162	1658,1	164152	43110,6
Итого:	2	198			196797	

В данном разделе были определены затраты на фонд заработной платы, который равен 196797 рублей.

4.4.4 Расчет дополнительной заработной платы

Дополнительная заработная плата рассчитывается исходя из 10-15 % от основной заработной платы, работников, непосредственно участвующих в выполнение темы [18]:

$$З_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot З_{\text{осн}} , \quad (39)$$

где $З_{\text{доп}}$ – дополнительная заработная плата, руб.;

$k_{\text{доп}}$ – коэффициент дополнительной зарплаты;

$З_{\text{осн}}$ – основная заработная плата, руб.

Принимаем коэффициент дополнительно зарплаты равным 0,1 и получаем:

$$З_{\text{доп.т}} = 0,1 \cdot 32645 = 3265 \text{ руб.};$$

$$З_{\text{доп.п}} = 0,1 \cdot 164152 = 16415 \text{ руб.};$$

В данном разделе был сделан расчет дополнительной заработной платы. Итоговая сумма дополнительной заработной платы участников проекта равна 19680 рублей.

4.4.5 Расчет отчислений во внебюджетные фонды

Также необходимо рассчитать отчисления во внебюджетные фонды (социальные нужды) по формуле 40 [18]:

$$C_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}}), \quad (40)$$

где $k_{\text{внеб}}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.).

Принимаем $k_{\text{внеб}}=0.302$.

Отчисления с основной заработной платы:

$$C_{\text{внеб.т}}=0,302 \cdot 196797=59433 \text{ руб.}$$

Отчисления с основной дополнительной заработной платы:

$$C_{\text{внеб.п}}=0,302 \cdot 19680=5943 \text{ руб.}$$

В данном разделе был сделан расчет отчислений во внебюджетные фонды. Итоговая сумма отчислений равна 65376 рублей.

4.4.6 Расчет накладных расходов

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи, электроэнергии, почтовые и телеграфные расходы, размножение материалов и т.д. Их величина определяется по следующей формуле:

$$C_{\text{накл}} = k_{\text{накл}} \cdot \left(\frac{C_{\text{мат}}}{7} \right), \quad (41)$$

где $k_{\text{нр}}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы.

Накладные расходы составляют 16 % от суммы основной и дополнительной заработной платы, работников, непосредственно участвующих в выполнение темы.

Расчет накладных расходов ведется по следующей формуле 7 [13]:

где $k_{\text{накл}}$ – коэффициент накладных расходов. Принимаем $k_{\text{накл}}=0.16$.

$$C_{\text{накл.т}}=0,16 \cdot (141365+2924+196797+19680+65376)/7=9740 \text{ руб.}$$

4.4.7 Формирование бюджета затрат НТИ

Расчет сметы затрат на разработку приведены в таблице 24.

Таблица 24 – Смета затрат на разработку технологического процесса

Статья затрат	Сумма затрат, руб.
Материальные затраты НТИ	141365
Амортизационные отчисления	2924
Заработная плата	196797
Дополнительная заработная плата	19680
Отчисления во внебюджетные фонды	65376
Накладные расходы	9740
Итого	435882

В данном разделе были определены основные источники расходов для реализации данного проекта. Всего потребуется 435882 рублей.

Выводы

Проведен технико–экономический анализ технологии сборки и автоматической сварки в среде защитных газов рамы полувагона

В результате проведенного SWOT-анализа были рассмотрены сильные и слабые стороны проекта, а реальных угроз, которые могут помешать реализации проекта выявлено не было, также возможности открывают хорошие перспективы для применения разработки в промышленности. Сделан расчет бюджета научного исследования в который вошли расходы на материалы и оборудование, а также сумма заработной платы участников проекта. Итоговый бюджет проекта составляет 435882 руб.

По оценке ресурсоэффективности проекта, можно сделать выводы, что она выше для технологического процесса автоматической сварки в среде

защитных газов, по сравнению с автоматической сварки под слоем флюса и механизированной сваркой в среде защитных газов.

Результаты исследования могут найти практическое применение на объектах ПАО РЖД.

5 Социальная ответственность

5.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

В данном подразделе необходимо рассмотреть специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства. Необходимо указать особенности трудового законодательства применительно к конкретным условиям проекта. Например, режим рабочего времени, защита персональных данных работника; оплата и нормирование труда; виды компенсаций при работе во вредных условиях труда, особенности обязательного социального страхования и пенсионного обслуживания и т.д. Тезисно приводятся основные эргономические требования к правильному расположению и компоновке рабочей зоны исследователя, проектируемой рабочей зоны в производственных условиях для создания комфортной рабочей среды.

5.1.1 Специальные правовые нормы трудового законодательства

Специальные правовые нормы трудового законодательства, характерные при изготовлении и эксплуатации исследуемой рамы полувагона перечислены в списке используемой литературы.

5.1.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны

В данном подразделе рассмотрим организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны сварщика.

При выполнении сварочных работ на открытых участках цеха место сварщика должно ограждаться со всех сторон щитами или ширмами.

С наружной стороны такие ограждения должны окрашиваться в яркие цвета в виде "зебры" и надписями крупными буквами "Осторожно, идет сварка!".

Окраска сварочных цехов, внутренних сторон ограждений мест сварки в темные цвета не рекомендуется, т.к. при этом ухудшается общая освещенность мест сварки.

Многопостовые агрегаты и сварочные установки должны располагаться в отдельном помещении или должны быть ограждены.

Сварочные преобразователи из-за их шума при работе должны быть вынесены за пределы производственного помещения.

Проходы между многопостовыми сварочными агрегатами, установками автоматической сварки должны быть не менее 1,5 м, между однопостовыми сварочными трансформаторами или сварочными генераторами, с каждой стороны стеллажа или стола для ручной сварки - не менее 1 м, между стационарным сварочным агрегатом и стеной, колонной - не менее 0,5 м, между сварочным автоматом и стеной, колонной - не менее 1 м.

Электрододержатели должны быть легкими, удобными, не утомлять руку и не стеснять движений сварщика, должны выдерживать не менее 8 тыс. зажимов электродов и обеспечивать смену электрода не более чем за 4 с.

Электрододержатели для тока 500 А и выше должны быть снабжены щитком защиты руки от тепла сварочной дуги и брызг металла.

Электрододержатели могут снабжаться устройством выключения сварочного тока во время смены электрода.

Рукоятка электрододержателя должна быть выполнена из теплостойкого, плохо проводящего тепло изоляционного материала, и температура ее поверхности при работе не должна превышать 32 - 33 °С.

5.2 Производственная безопасность

5.2.1. Анализ выявленных вредных факторов и мероприятия по их снижению

Изготовление рамы полувагона производится в заводских условиях с применением следующего оборудования: листопрямляющая машина, листогибочная машина, станок плазменной резки с ЧПУ, гидравлический

пресс, фланжировочная машина, кромкоскалывающая машина, сварочный трактор, полуавтомат сварочный, станок фрезерный, кран мостовой, траверса магнитная, ножницы гильотинные.

В связи с работой вышеперечисленного оборудования возникают вредные факторы, перечисленные в таблице 25.

Таблица 25 – Вредные факторы и мероприятия по их снижению

Вредный фактор и его нормативное значение	Мероприятия по снижению вредного фактора
Повышенный уровень шума и вибраций на рабочем месте	
<p>Шум неблагоприятно воздействует на организм человека, вызывая психические и физиологические нарушения, снижающие работоспособность и создающие предпосылки для общих и профессиональных заболеваний и производственного травматизма.</p> <p>Нормативные параметры шума на рабочих местах определены в ГОСТ 12.1.003-2014 [26], в соответствии с которым допустимый уровень шума в цехе, где проводится сварка, равен 80 дБА.</p>	<p>а) замена шумных технологических операций на мал шумные или по возможности полностью бесшумные;</p> <p>б) снижение шума в источнике путем совершенствования конструкции или схемы той части оборудования, которая производит шум;</p> <p>в) использование в конструкции материалов с пониженными акустическими свойствам;</p> <p>г) применение дополнительного звукоизолирующего устройства или ограждения, расположенного по возможности ближе к источнику, например:</p> <ul style="list-style-type: none"> - звукоизолирующего кожуха, который может закрывать отдельный шумный узел машины; - акустических экранов, отгораживающих шумный механизм от рабочего места или зоны обслуживания машины. <p>д) применение звукопоглощающих облицовок для отделки потолка и стен шумных помещений;</p> <p>е) применение эффективных средств индивидуальной защиты (антифоны, заглушки и др.).</p>

Продолжение таблицы 25 – Вредные факторы и мероприятия по их снижению

Вредный фактор и его нормативное значение	Мероприятия по снижению вредного фактора
Повышенная температура помещения	
<p>Согласно таблице 1 СанПин 2.2.4.548-96 [27] большинство работ по изготовлению рам полувагонов относится к категории работ Па и Пб. Верхним пределом допустимой температуры на рабочем месте для данных категорий работ является +28°C тепла. При обеспечении допустимых величин микроклимата на рабочих местах перепады и изменения температуры в смену не должны быть более 3-4 °C, а относительная влажность воздуха не должна выходить за пределы 70% - при температуре воздуха 25°C и 55% - при температуре воздуха 28° C</p>	<p>а) применение эффективных способов вентиляции, в частности наличие местной вытяжной вентиляции объемом не менее 1000 м³ от поста для удаления горячего воздуха и сварочного аэрозоля;</p> <p>б) ограничение поступления тепла в помещение, например, экранирование;</p> <p>в) режим труда и отдыха;</p> <p>г) установка в помещении теплозащитные средств, обладающих следующими характеристиками: простота в изготовлении и монтаже; удобство для обслуживания, осмотра, очистки; прочность;</p> <p>д) применение специальных средств индивидуальной защиты, ношение надлежащей спецодежды;</p> <p>е) питьевой режим с предупреждением вымывания водорастворимых витаминов и микроэлементов;</p> <p>ж) устройство комнат тепловой разгрузки с кондиционированием воздуха, температура в которых должна быть не ниже суммы половины температуры наружного воздуха плюс 8°C;</p> <p>и) дополнительные льготы и компенсации.</p>

Продолжение таблицы 25 – Вредные факторы и мероприятия по их снижению

Вредный фактор и его нормативное значение	Мероприятия по снижению вредного фактора
Вредные пылегазообразные вещества (пыль, сварочные аэрозоли, пары и газы)	
<p>Сварочные работы сопровождаются загрязнением воздушной среды рабочей зоны сварочными аэрозолями, количество и состав которых зависит от химического состава сварочных материалов и свариваемых металлов, способов и режимов сварки, наплавки, резки и пайки металлов.</p> <p>Элементы исследуемой рамы полувагонов, свариваются механизированной и автоматической сваркой плавящимся электродом в среде защитных газов согласно ГОСТ 14771 – 76 [3]. При указанном способе сварки выделяются следующие вещества: пыль - 8 мг/м³, окись марганца- 0,58 мг/м³, окись хрома - 0,02 8 мг/м³, окись никеля - 0,038 мг/м³, окись углерода - 58 мг/м³.</p> <p>Предельно допустимые концентрации, установленные ГОСТ 12.1.005-88 [5]:</p> <ul style="list-style-type: none"> • оксиды углерода - ПДК = 20 мг/м³; • водород фтористый - ПДК = 0,5 мг/м³, • диоксид азота - ПДК = 2 мг/м³; • ангидрит сернистый - ПДК = 10 мг/м³; • озон (O₃) – ПДК O₃ = 0,1 мг/м³; • хром (Cr₂O₃, CrO₃) – ПДК Cr₂O₃ = 1 мг/м³, ПДК CrO₃ = 0,01 мг/м³; • кремний (SiO₂+MnO₂) – ПДК SiO₂+MnO₂ = 1 мг/м³; • марганец (MnO₂) – ПДК MnO₂ = 0,2 мг/м³ 	<p>Устройство согласно СП 60.13330.2012 [28] местных вытяжных устройств открытого типа - местных отсосов марки «СовПлим» в сочетании с общеобменной приточно-вытяжной механической вентиляцией.</p> <p>Эффективность местных отсосов составляет 75%, общеобменной вытяжной вентиляции - 25%.</p> <p>Эффективность местных отсосов обусловлена следующими факторами:</p> <ul style="list-style-type: none"> - местные отсосы локализуют вредные вещества непосредственно в зоне их образования, предотвращая распространение их по всему объему производственного помещения; - благодаря близкому расположению к источнику вредных выделений местные отсосы могут удалять их с помощью минимальных объемов воздуха, что имеет большое экономическое преимущество по сравнению с общеобменной вентиляцией.

Продолжение таблицы 25– Вредные факторы и мероприятия по их снижению

Вредный фактор и его нормативное значение	Мероприятия по снижению вредного фактора
Психофизические факторы	
Из психофизических факторов, возникающих при производстве проектируемой рамы полувагона в заводских условиях, можно отметить повышенную нагрузку на органы чувств (зрение, слух), тяжелую физическую работу, умственное перенапряжение, монотонность труда, стрессовые эмоциональные перегрузки, высокий уровень интенсивности деятельности, неудобную рабочую позу при осуществлении сварочных процессов	а) уменьшение плотности рабочего времени; б) исключение случайно возникающих перебоев в работе, ритмизация трудовых процессов в) правильный режим труда и отдыха, в частности 30 минутный перерыв после каждых двух часов непрерывной работы или 15 минутный перерыв на каждый час работы
Недостаточная освещённость рабочей зоны	
Недостаточная освещенность может стать причиной неадекватного восприятия человеком технологического процесса, утомления и пульсирующей головной боли. Рациональное освещение имеет большое значение для высокопроизводительной и безопасной работы. Нормирование значений освещенности рабочей поверхности при сварочных работах составляет 200 лк согласно СП 52.13330.2016 [29]. Коэффициент пульсаций освещенности (Кп) для производственных помещений должен быть не больше 10%	Устройство в помещении согласно СП 52.13330.2016 [29] совмещенного освещения. Естественное освещение осуществляется через боковые оконные проемы, искусственное освещение принимается как общее с равномерным расположением необходимого количества светильников

5.2.2 Анализ выявленных опасных факторов

При изготовлении рамы полувагонов также возникают опасные факторы, перечисленные в таблице 26.

Таблица 26 – Опасные факторы и мероприятия по их устранению

Опасный фактор	Мероприятия по устранению опасного фактора
Наличие открытых токопроводящих элементов, находящихся под напряжением	
Эксплуатация оборудования на заводе связана с использованием электрической энергии. Электрический ток оказывает на человека внутреннее воздействие, приводит к внешним травмам, электроударам и электрическому шоку. Внутреннее воздействие может быть термическое, электролитическое и биологическое.	а) надежная изоляция всех проводов, связанных с источником тока и дуги; б) заземление сварочной установки и источника питания сварочной дуги, (корпуса выпрямителя, клеммы обратного провода, установки) в соответствии с ГОСТ 12.1.030-81 и правилами устройства электроустановок; в) применение в источниках питания автоматических выключателей высокого напряжения; г) надежное устройство электрододержателя, который должен иметь высокую механическую прочность; д) использование при работе сухой спецодежды и рукавиц, ботинок без металлических шпилек и гвоздей, применение резиновых ковриков и галошей в качестве диэлектрика; е) использование при работе переносной лампы напряжением не более 12 В; ж) ремонт электросварочного оборудования и аппаратуры специалистами-электриками

Продолжение таблицы 26 – Опасные факторы и мероприятия по их устранению

Опасный фактор	Мероприятия по устранению опасного фактора
Разбрызгивание металла	
<p>Брызги, искры и выбросы расплавленного металла и шлака при отсутствии средств защиты являются причиной ожогов кожных покровов, травмирования органов зрения, а также повышают опасность возникновения пожаров.</p>	<p>а) применение качественных сварочных аппаратов, которые способны улучшить сварку за счет стабилизации характеристик сварочного тока; б) своевременная замена износившегося сопла или токового наконечника; в) применение качественных сварочных материалов; г) правильная подготовка материала к сварке. д) специальная техника сварки, подразумевающая уменьшение длины дуги путем максимального приближения электрода к свариваемой поверхности</p>
Движущиеся механизмы и изделия	
<p>Опасность представляет контакт с любыми движущимися элементами оборудования, изделием, транспортируемым изделием при помощи мостового крана.</p> <p>При работе подъёмно-транспортного оборудования возникает опасность непреднамеренного контакта с движущимися частями оборудования и возможным ударом от падающих предметов при обрыве поднимаемого груза или падения его с поднимаемого места</p>	<p>а) учёт индивидуальных особенностей оборудования; б) надежность, прочность и удобство обслуживания оборудования, включая средства защиты; в) использование оградительных устройств для препятствия попадания человека в опасную зону; г) окраска опасных частей и механизмов кранов в жёлтый цвет; д) подача предупреждающего звукового сигнала при движении мостового электрокрана, не допускающего нахождения рабочих под грузом; е) вывеска на видном месте грузоподъёмности и даты технических освидетельствований</p>

Продолжение таблицы 26 – Опасные факторы и мероприятия по их устранению

Опасный фактор	Мероприятия по устранению опасного фактора
Повышенная температура поверхностей оборудования	
Нагретые поверхности оборудования и аппаратов способствуют получению ожогов различной степени тяжести от соприкосновения с нагретыми поверхностями	<p>Для уменьшения температуры поверхностей оборудования необходимо наличие теплоизоляции оборудования, а также наличие эффективно работающей вентиляции.</p> <p>Также на рабочих местах и оборудовании, имеющем нагретые поверхности, необходимо установить специальные знаки «Осторожно. Горячая поверхность»</p>

5.3 Экологическая безопасность

Изготовление рамы полувагона может сопровождаться выделением в атмосферу, гидросферу и литосферу:

1) материальных загрязнителей, таких как:

- твердые аэрозоли, образованными пылеватыми частицами металлов и абразивных материалов;
- газообразные (парообразные) загрязнители, поступающие в воздух через вентиляционные выбросы;
- отходы металлообработки за счет выброса сточных вод;
- твердые промышленные отходы (стружки и опилки металлов, отслужившее свой срок металлическое оборудование, сконденсированная пыль);

2) энергетических загрязнителей, таких как:

- высокий уровень шума, вибрации, тепловые загрязнения (за счет выделения теплоты при обработке поверхностей металлов и работы оборудования),

- электромагнитные поля, выделяемые работающим оборудованием (трансформаторы, индукторы, различные генераторы),

Твердые промышленные и бытовые отходы подлежат утилизации путем переработки отходов во вторичное сырье.

Утилизация отработанных люминесцентных ламп осуществляется специализированной организацией, имеющей лицензию на проведение подобного вида работ, путем составления договора, с данной организацией согласно действующим нормам по утилизации.

5.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

5.4.1 Причины возникновению чрезвычайных ситуаций на предприятии

Среди возможных чрезвычайных ситуаций при изготовлении рамы полувагона можно выделить пожар и (или) взрыв.

Причинами возникновения пожара (или) взрыва являются короткое замыкание, разбрызгивание расплавленного металла при сварке, искры при плазменной резке металла и другие виды огневых работ. Рассмотрим мероприятия по предотвращению пожара при огневых работах.

На предприятии должна быть разработана Инструкция по проведению огневых работ в соответствие с действующими нормами РФ.

5.4.2 Общие требования пожарной безопасности

Работники, осуществляющие огневые работы, должны иметь допуск на проведение огневых работ [30].

На предприятии для организации проведения огневых работ должно быть приказом назначено ответственное лицо - руководитель работ, который обязан до начала работ ознакомить рабочий персонал с Инструкцией по проведению огневых работ. В обязанности руководителя работ входит проверка знаний и постоянный контроль над соблюдением требований Инструкции, а также

обеспечение рабочих спецодеждой, специальной обувью и СИЗ в соответствии с действующими нормами и характером выполняемой работы.

В сборочно-сварочном цехе должны быть медицинские аптечки, исправные инструменты и оборудование, предохранительные сигналы и устройства, защитные приспособления. Работать с применением неисправных инструментов и оборудования запрещено.

Требования пожарной безопасности до начала, во время и по окончании огневых работ подробно описаны в Приказе №485 от 20 ноября 2017 года «Об утверждении Федеральных норм и правил в области промышленной безопасности «Правила безопасного ведения газоопасных, огневых и ремонтных работ» [31].

На предприятии, а в частности в сборочно-сварочном цехе должен быть план эвакуации, составленный с учетом действующего законодательства и всех нормативно-правовых документов.

Поскольку сборочно-сварочный цех в соответствие с Федеральным законом № 123 от 22.07.2008 [32] относится к категории Г по взрывопожарной и пожарной опасности, установка автоматических установок пожарной сигнализации и пожаротушения согласно требованиям СП 5.13130.2009 [33] в данном помещении не требуется.

В соответствии с требованиями технических нормативных правовых актов в области противопожарного нормирования и стандартизации сборочно-сварочный цех должен быть обеспечен первичными средствами пожаротушения и оборудован системой оповещения людей о пожаре и управлением эвакуацией. В качестве системы оповещения используется, как правило, селекторная связь предприятия. В качестве системы управления эвакуацией используется аварийное и эвакуационное освещение с использованием световых указателей "ВЫХОД".

5.4.3 Требования пожарной безопасности в аварийных ситуациях

В случае возникновения аварийной ситуации (несчастного случая, пожара, стихийного бедствия) немедленно прекратить работу и сообщить о ситуации вышестоящему оперативному персоналу и непосредственному руководителю.

При возникновении пожара, действия работников в первую очередь должны быть направлены на обеспечение безопасности и эвакуации людей.

В случаях, не терпящих отлагательств, выполнить необходимые переключения с последующим уведомлением вышестоящего оперативного персонала.

В случае возникновения аварийной ситуации или пожара:

- по возможности обесточить электрооборудование;
- сообщить непосредственному руководителю;
- оповестить всех работающих в производственном помещении и принять меры к ликвидации очага аварии.

Горящие части электроустановок и электропроводку, находящиеся под напряжением, следует тушить углекислотными огнетушителями.

При несчастном случае необходимо немедленно освободить пострадавшего от воздействия травмирующего фактора, оказать ему первую помощь согласно инструкции по оказанию первой помощи и сообщить непосредственному руководителю о несчастном случае.

При освобождении пострадавшего от действия электрического тока необходимо следить за тем, чтобы самому не оказаться в контакте с токоведущей частью.

Вывод

Исследуемая рама полувагона изготавливается на заводе, на котором согласно действующему законодательству РФ имеется служба охраны труда и/или специалист по охране труда. В обязанности данной службы или

специалиста входит контроль над соблюдением нормативных условий труда на предприятии.

Следовательно, условия труда работников завода-изготовителя исследуемой рамы полувагона соответствуют требованиям нормативных документов.

Заключение

В результате выполнения выпускной квалификационной работы был разработан процесс сборки и сварки рамы полувагона механизированной и автоматической сваркой в среде защитных газов.

Были подобраны сварочные материалы, рассчитаны режимы сварки и произведен выбор основного и вспомогательного оборудования.

Составлен комплект технологического описания процесса сборки и механизированной и автоматической сварки рамы полувагона.

В результате проведенного SWOT-анализа были рассмотрены сильные и слабые стороны проекта, а реальных угроз, которые могут помешать реализации проекта выявлено не было, также возможности открывают хорошие перспективы для применения разработки в промышленности. Сделан расчет бюджета научного исследования в который вошли расходы на материалы и оборудование, а также сумма заработной платы участников проекта. Итоговый бюджет проекта составляет 435882 руб.

По оценке ресурсоэффективности проекта, можно сделать выводы, что она выше для технологического процесса автоматической сварки в среде защитных газов, по сравнению с автоматической сварки под слоем флюса и механизированной сваркой в среде защитных газов.

Для обеспечения безопасности производства были выявлены вредные и опасные факторы на сварочном участке и предложены меры по их устранению или защите от них.

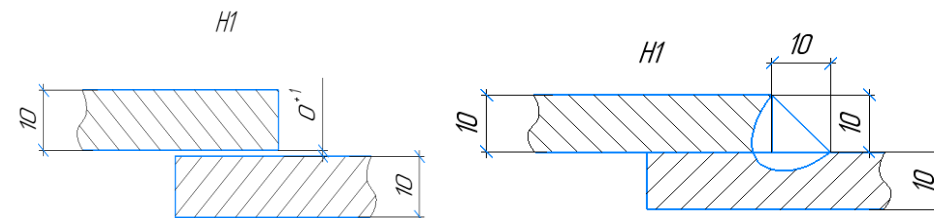
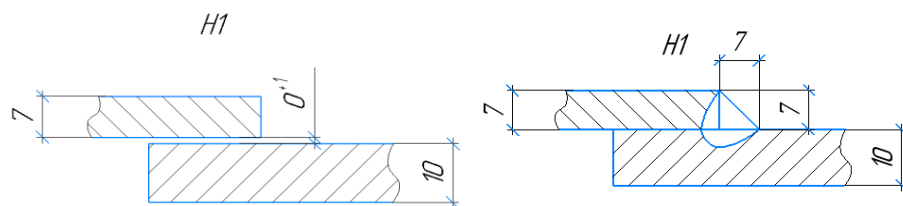
Список используемых источников

1. РД 24.050.37-95 Вагоны грузовые и пассажирские. Методы испытаний на прочность и ходовые качества. - М.: МПС, 1996 с.
2. Винокуров, М. В. [и др.] Вагоны. Под ред М.В. Винокурова [Книга] / М.В. Винокуров - М.: Трансжелдориздат, 1953. - 703 с.
3. Шадур, Л. А. Вагоны. Конструкция, теория и расчет[Текст] / Под. ред. Л. А. Шадура. – М.: Транспорт, 1980. – 222 с.
4. Нетеса, А. Г. Исследование несущей способности рамы и кузова полувагона при воздействии продольных ударных нагрузок: автореф.дис.канд.тех.наук: 05.22.07 / Нетеса А.Г. – М.: МИИТ, 1980. - 18с.
5. Нетеса, А. Г. Обоснование нагрузок на торцевые стенки и распределение нагрузок на поперечные балки рамы полувагонов [Текст] // Сборник научных трудов. – М.: ВНИИЖТ, 1986. - С. 49-56.
6. ГОСТ 19282-73 Сталь низколегированная толстолистовая и широкополосная универсальная. Технические условия (с Изменениями N 1, 2)
7. Интернет-источник: <http://splav-kharkov.com>
8. Сварка в машиностроении: Справочник. В 4-х т./Ред. С 24 кол.: Г.А.Николаева (пред.) и др. – М.: Машиностроение, 1978 - - Т.2/ Под ред. А.И Акулова. 1978. 462с., ил.
9. ГОСТ 14771-76 Дуговая сварка в защитном газе. Соединения сварные. Основные типы, конструктивные элементы и размеры
10. ГОСТ 2246-70 Проволока стальная сварочная. Технические условия
11. Акулов А.И., Бельчук Г. А., Деменцевич В.П. Технология и оборудование сварки плавлением. М.: Машиностроение, 1977. -432 с
12. ГОСТ 8050-85 Двуокись углерода газообразная и жидкая. Технические условия
13. Методические указания к курсовому и дипломному проектированию «Расчет режимов сварки». Составитель Е.А. Трущенко. Изд-во Томского политехнического университета, 2008-41с.
14. Интернет-источник: <http://www.esab.deltasvar.ru>

15. Гундорова Е.П. Технические средства железных дорог: Учебник для техникумов и колледжей ж.-д. транспорта. М.: Маршрут, с.496
16. Инструкция по сварке и наплавке при ремонте грузовых вагонов. Москва, ТрансИнфо. 2009
17. ГОСТ 19.102-77 Единая система программной документации. Стадии разработки
18. Прокофьев Ю.С. Организация планирование и управлением предприятием: Методические указания к выполнению курсовой работы. – Томск: изд. ТПУ, 1987. – 38с

Приложение А
(обязательное)
Комплект технологической документации

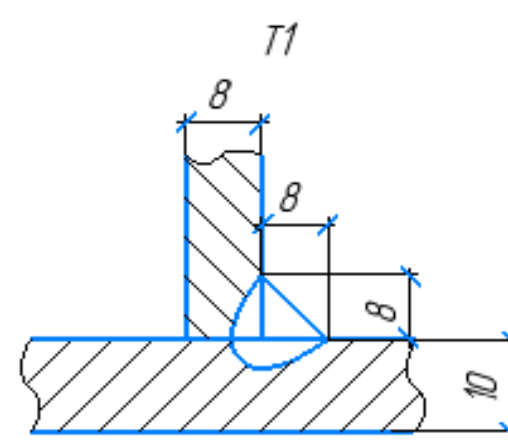
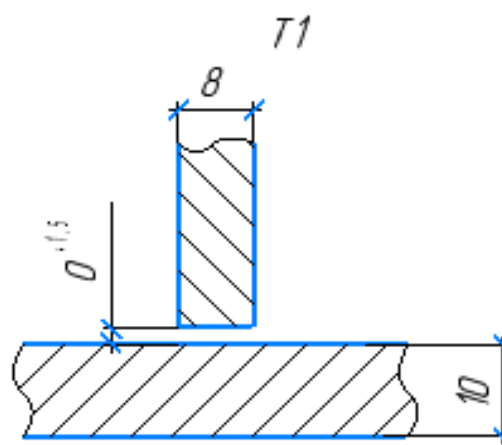
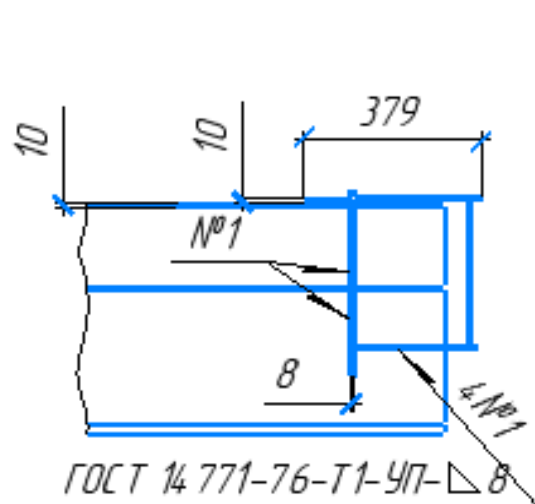
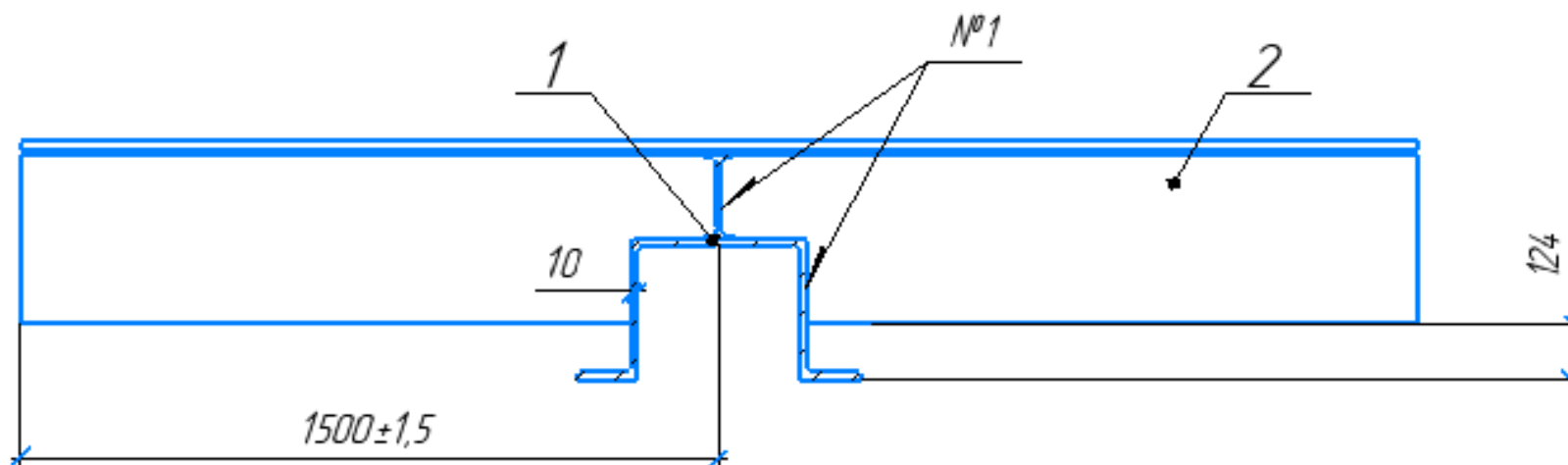
					ФЮРА 02190.00041			4	1
Разраб.	Трифонов К.А.			НИ ТПУ ИнЭО Группа 3-1В61	ФЮРА 050500.00001		ФЮРА 20190.0001		
Пров.	Киселев А.С.								
Н.контр.	Першина А.А.			Технология сборки и сварки рамы полувагона			у		



Дубл.			
Взам.			
Подл.			

2

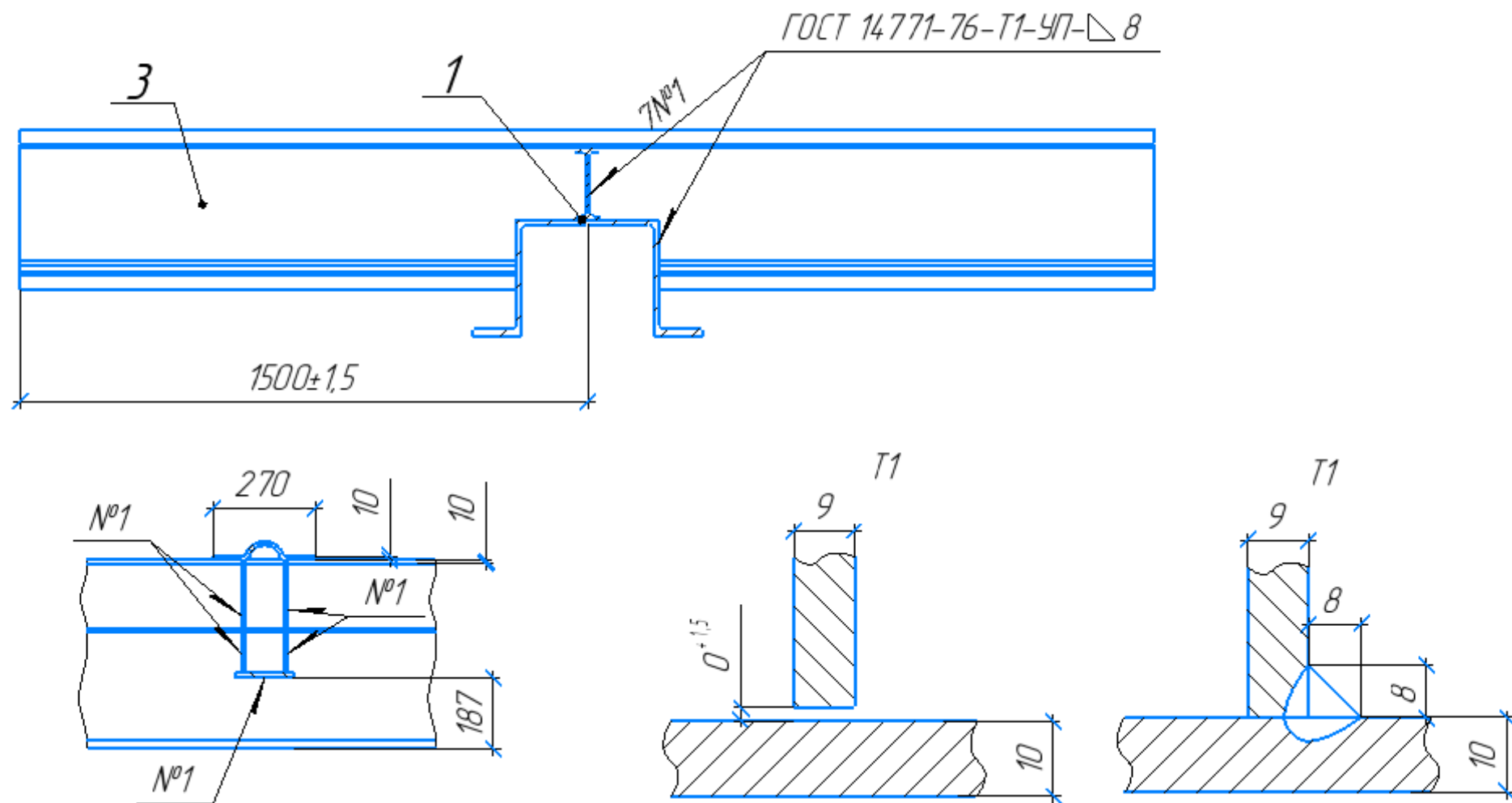
ФЮРА 20190.0002



Дубл.			
Взам.			
Подл.			

3

ФЮРА 20190.0003

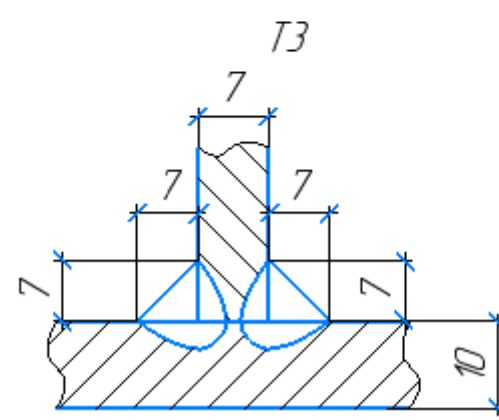
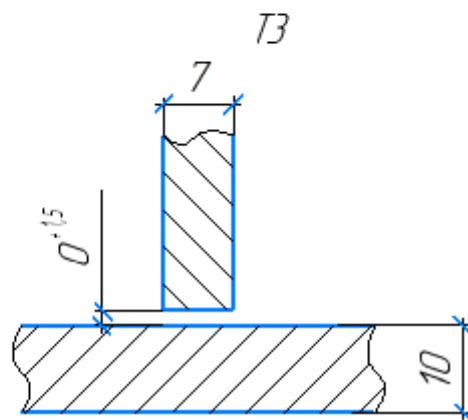
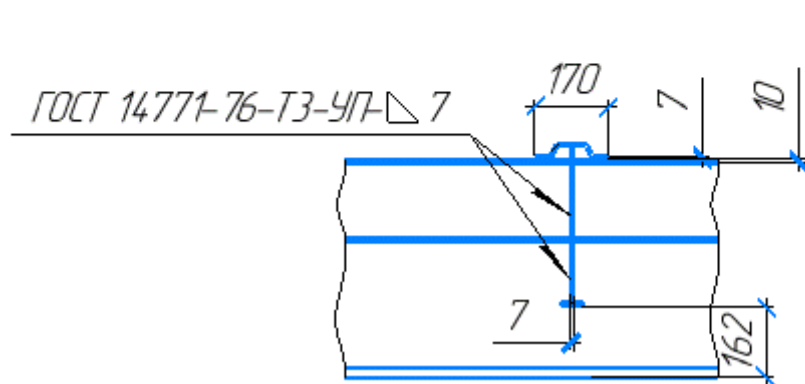
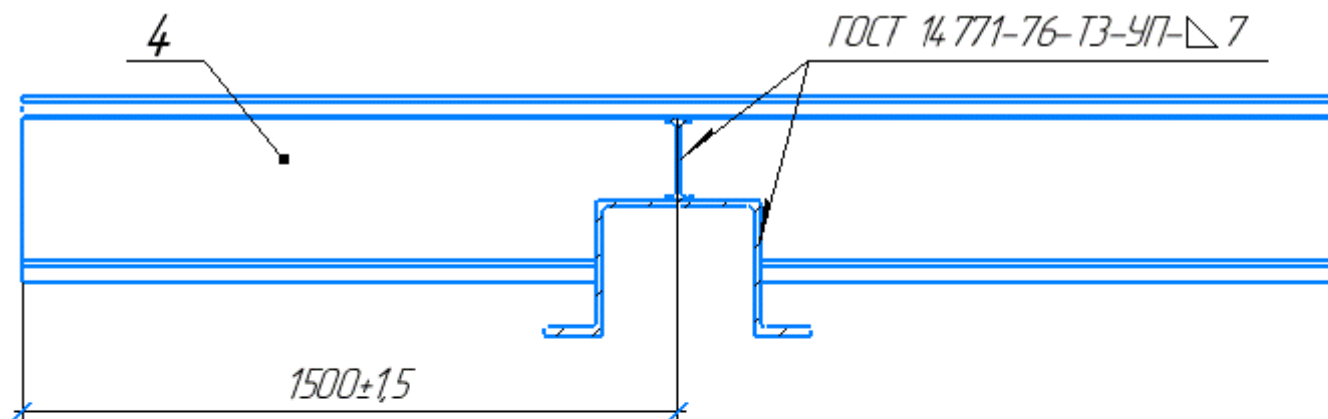


Карта эскизов

Дубл.			
Взам.			
Подл.			

4

ФЮРА 20190.0004

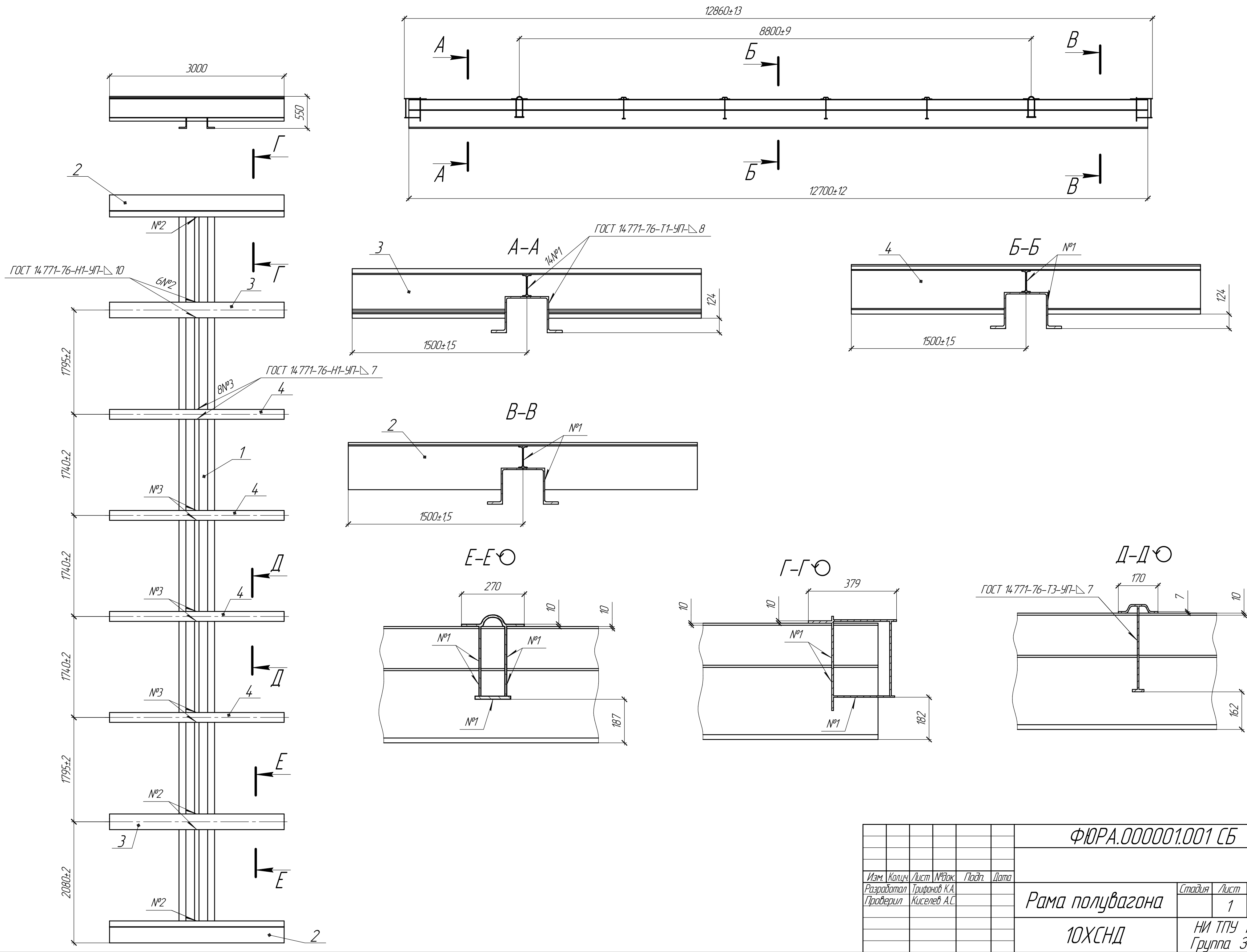


ГОСТ 3.1118-82															форма 2						
Дубл.																					
Взам.																					
Подл.																					
											ФЮРА.02190.00041					3	1				
Разраб.		Трифонов К.А.									НИ ТПУ ИнЭО Группа 3-1В61			ФЮРА 050500.00001			ФЮРА.10190.00001				
Руковод.		Киселев А.С.																			
Н.контр.		Першина А.А.									Технология сборки и сварки рамы полувагона						у				
А	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код,наименование операции					Обозначение документа											
Б	Код,наименование оборудования										СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт.	Тпз	Тшт.
К/М	Наименование детали,сб.единицы или материала										Обозначение,код					ОПП	ЕВ	ЕН	КИ	Н.расх.	
А01	1	1	1	050	Сборка рамы полувагона					ГОСТ 14771-76											
Б02	Кран-балка, двухстоечный кантователь, сварочный аппарат Fronius TransSteel 5000										1	18466	4	1	2						
М03	Круги отрезные абразивные (толщины 4-6 мм)										ГОСТ 21963-2002										
М04	Сварочная проволока Св-09Г2С Ø1,2 мм, углекислый газ первый сорт										ГОСТ 2246-70, ГОСТ 8050-85										
О05	1. Собрать элементы рамы полувагонна, выдерживая расстояния между элементами, согласно карте эскизов ФЮРА.20190.0001																				
О06	2. Сделать прихватки всех элементов рамы к хребтовой балке 1 механизированной сваркой в среде защитных газов длиной 20-30 мм катетом 5 мм																				
Т07	Маска сварщика СИБРТЕХ ГОСТ Р 12.4.238-2007 89116, щетка металлическая, линейка измерительная металлическая линейка-300 ГОСТ 427-75, лупа измерительная ЛИП-3-10 ГОСТ 25706-83, УШС 3 ГОСТ 15150-69.																				
А08	1	1	1	055	Сварка концевых балок					ГОСТ 14771-76											
Б09	Двухстоечный кантователь, сварочный аппарат Fronius TransSteel 5000										1	19905	5	1	2						
М10	Круги отрезные абразивные (толщины 4-6 мм)										ГОСТ 21963-2002										
М11	Сварочная проволока Св-09Г2С Ø1,2 мм, углекислый газ первый сорт										ГОСТ 2246-70, ГОСТ 8050-85										
О12	1. Сварить концевую балку 2 с хребтовой балкой 1 механизированной сваркой в среде углекислого газа швом с катетом 8 мм, согласно карте эскизов ФЮРА.20190.0002																				
13	2. Зачистить сварной шов и околошовную зону от брызг после сварки																				
Т14	Маска сварщика СИБРТЕХ ГОСТ Р 12.4.238-2007 89116, щетка металлическая, линейка измерительная металлическая линейка-300 ГОСТ 427-75, лупа измерительная ЛИП-3-10 ГОСТ 25706-83, УШС 3 ГОСТ 15150-69.																				
15																					
МК																					

														ГОСТ 3.1118-82 форма 2а					
Дубл.																			
Взам.																			
Подл.																			
											ФЮРА.02190.00041				2				
															ФЮРА.10190.00002				
А	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код,наименование операции					Обозначение документа									
Б	Код,наименование оборудования					СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт.	Тпз	Тшт.			
К/М	Наименование детали,сб.единицы или материала					Обозначение,код					ОПП	ЕВ	ЕН	КИ	Н.расх.				
A01	1	1	1	060	Сварка шкворневых балок					ГОСТ 14771-76									
Б02	Двухстоечный кантователь, сварочный аппарат Fronius TransSteel 5000					1	19905	5	1	2									
M03	Круги отрезные абразивные (толщины 4-6 мм)					ГОСТ 21963-2002													
M04	Сварочная проволока Св-09Г2С Ø1,2 мм, углекислый газ первый сорт					ГОСТ 2246-70, ГОСТ 8050-85													
O05	1. Сварить шкворневую балку 3 с хребтовой балкой 1 механизированной сваркой в среде углекислого газа швом с катетом 8 мм, согласно карте эскизов ФЮРА.20190.0003																		
06	2. Зачистить сварной шов и околошовную зону от брызг после сварки																		
T07	Маска сварщика СИБРТЕХ ГОСТ Р 12.4.238-2007 89116, щетка металлическая, линейка измерительная металлическая линейка-300 ГОСТ 427-75, лупа измерительная ЛИП-3-10 ГОСТ 25706-83, УШС 3 ГОСТ 15150-69.																		
A08	1	1	1	065	Сварка промежуточных балок					ГОСТ 14771-76									
Б09	Двухстоечный кантователь, сварочный аппарат Fronius TransSteel 5000					1	19905	5	1	2									
M10	Круги отрезные абразивные (толщины 4-6 мм)					ГОСТ 21963-2002													
M11	Сварочная проволока Св-09Г2С Ø1,2 мм, углекислый газ первый сорт					ГОСТ 2246-70, ГОСТ 8050-85													
O12	1. Сварить промежуточную балку 4 с хребтовой балкой 1 механизированной сваркой в среде углекислого газа швом с катетом 7 мм, согласно карте эскизов ФЮРА.20190.0004																		
13	2. Зачистить сварной шов и околошовную зону от брызг после сварки																		
T14	Маска сварщика СИБРТЕХ ГОСТ Р 12.4.238-2007 89116, щетка металлическая, линейка измерительная металлическая линейка-300 ГОСТ 427-75, лупа измерительная ЛИП-3-10 ГОСТ 25706-83, УШС 3 ГОСТ 15150-69.																		
15																			
МК																			

														ГОСТ 3.1118-82				форма 2а			
Дубл.																					
Взам.																					
Подл.																					
														ФЮРА.02190.00041				3			
														ФЮРА.10190.00003							
А	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код,наименование операции				Обозначение документа												
Б	Код,наименование оборудования										СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт.	Тпз	Тшт.
К/М	Наименование детали,сб.единицы или материала										Обозначение,код					ОПП	ЕВ	ЕН	КИ	Н.расх.	
А01	1	1	1	070	Контроль ВИК				ГОСТ 14771-76												
О02	1. Произвести визуальный контроль сварного соединения. Трещины недопустимы. Поры допускаются в количестве 2-3 шт диаметром не более 1 мм на расстоянии не менее 10 мм. Подрезы допустимы с глубиной до 0,2 мм. Натеки зачистить. Проверить соответствие геометрических размеров сварных швов согласно ГОСТ 14771-76. Проверить ширину шва, высоту усиления.																				
Т03	Линейка измерительная металлическая линейка-300 ГОСТ 427-75, лупа измерительная ЛИП-3-10х ГОСТ 25706-83, УШС 3 ГОСТ 15150-69, щетка стальная.																				
А04	1	1	1	075	Контроль УЗК				ГОСТ Р 55724-2013												
Б05	Ультразвуковой дефектоскоп Olympus EPOCH 1000										1	11830	6	1	2						
О06	1. Проверить сварные швы УЗК. Объем проверки 100%.																				
07																					
08																					
09																					
10																					
11																					
12																					
13																					
МК																					

Согласовано		
	Изм. №	подл.
Взам. инв. №		
	Подп. и дата	
И-в. № подл.		
	Подп. и дата	



[illegible][illegible]